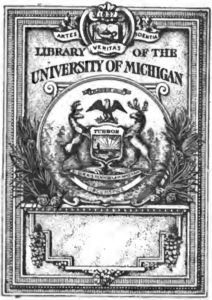
B 537971 DUPL

Digitized by Google

LENOX LIBRARY

Purchased in 1874



Digitized by Google

Q
5
.A2

(Agassiz)

Digitized by Google

Digitized by Google

Unterſuchungen

über die

Gletſcher.

Digitized by Google

Druck von Gaßmann, Sohn in Solothurn.

Digitized by Google

Unterſuchungen

über die

G l e t ſ ch e r.

Von

Louis Agaſſiz.

Nebſt einem Atlas von 32 Steindrucktafeln.

Auf Kosten des Verfassers.

Solothurn,
In Kommiſſion bei Jent & Gaßmann.
1841.

Digitized by Google

LENOX LIBRARY
DUPLICATE
NEW YORK

Digitized by Google

0318.20.5

Den Herren

Venetz,

Ingenieur des Straßen- und Brückenbaues im Kanton Waadt,

und

J. v. Charpentier,

Bergwerksdirektor zu Bex.

Ihre wichtigen Arbeiten haben mich angeſpornt, die Gletſcher unſerer Alpen zu unterſuchen; Ihrer Güte verdanke ich die freundſchaftlichen Anleitungen, welche mich in den Stand ſetzten, ſelbſtſtändig mit Nutzen dieſen Gegenſtand zu verfolgen, und ich halte es um ſo mehr für meine Pflicht, Ihnen die Früchte dieſes Studiums zu widmen, als es mir zur Gelegenheit dient, Ihnen öffentlich die Gefühle der Achtung und Freundſchaft auszudrücken, welche Sie mir eingeflößt.

L. Agassiz.

Reclus MLR, 3-18-38

362338

Digitized by Google

Vorrede.

Es mag wenig Erſcheinungen geben, welche ſo ſehr wie die Gletſcher, verdienten, der Gegenſtand ausgebreiteter Unterſuchungen zu werden; und dürfte man nach der großen Anzahl wiſſenſchaftlich gebildeter Männer, welche jährlich die Schneeberge unſeres Alpenlandes beſuchen und nach dem vielfachen Intereſſe, welches die großartigen, im Schooße unſerer Berge verhüllten Erſcheinungen erregen, auf das Geleiſtete ſchließen, ſo müßte man glauben, Nichts mehr ſei unerforſcht, die kleinſten Einzelheiten aufgeklärt. Und in der That, das erſte Gefühl, welches ſich uns aufdrängt, wenn wir uns dieſen Bergkoloſſen mit ihren weißen Gewändern und Eisſchleppen

gegenüber ſehen, wenn wir den Fuß auf die vereisten Wiegen der ewigen Ströme ſetzen, welche von hier aus Leben und Bewegung in die lachenden Ebenen hinabbringen; dieſes erſte Gefühl iſt eine lebhafte Wißbegierde, die nach den Urſachen und Wirkungen dieſer Naturphänomene fragt, eine Wißbegierde, die ihre Gegenwart erforſchen, ihre Vergangenheit kennen und ihre Zukunft enthüllen möchte. Allein die Meiſten der Fremden, erſchrocken vor der Menge der Fragen, welche ſich aufdrängten, wollten die Zeit der Erholung, welche die Schweizerreiſe ihnen bieten ſollte, einer unvollkommnen Löſung dieſer Fragen nicht opfern, und die Eingebornen, in dieſer Natur aufgewachſen, und von Jugend auf an ſie gewöhnt, fanden nichts Auffallendes mehr darin und beſchränkten ſich meiſt auf eine oberflächliche Kenntniß gerade derjenigen Erſcheinungen, welche mit ihrem eigenen Intereſſe näher verflochten waren. Zudem hatten ja ein Scheuchzer, ein Sauſſure dieſe Gegenden durchforſcht, und nur eine magere Nachleſe ſtand für die Nachfolger ſolcher Männer zu erwarten! Man glaubte, Alles zu wiſſen, vergaß darüber die eigenen Zweifel und ließ die Gelegenheiten zu fruchtbaren Studien unbenutzt, welche ſich in ſo reichem Maße boten.

Allein die Fortſchritte der Wiſſenſchaften in unſerem Zeitalter und der Geologie namentlich mußten nothwendig wieder zur Unterſuchung der Alpenerſcheinungen führen und die unermüdlichen Forſchungen der Herren Venetz und Charpentier gaben den Gletſchern von Neuem eine Bedeutung für die Naturgeſchichte unſeres Alpengebirges ſowohl, als für die Geſchichte unſeres Erdkörpers im Allgemeinen, welche ſie früher nicht gehabt. Unter den Händen dieſer geiſtreichen Naturforſcher, welche aus den genaueſten Beobachtungen die fruchtbarſten Folgerungen zu ziehen verſtanden, wurden die Gletſcher der Schlüſſel eines Räthſels, welches bis dahin ſo große Aufmerkſamkeit erregt, ſo manche mißlungene Verſuche ſeiner Löſung hervorgerufen hatte; ich meine das Räthſel der Fündlingsblöcke und ihres Aufenthaltes an meilenweit von ihrem Urſprung entfernten Stellen. Ein neues Intereſſe ward jetzt rege für das ſo lange brachgelegene Feld, und wenn die Unterſuchungen jener beiden Männer die Wichtigkeit der Gletſcher für die Geologie darthaten, ſo zeigten die Alpenreiſen von Hugi, daß ſie ſchon an und für ſich in hohem Grade die Aufmerkſamkeit der Naturforſcher verdienen.

Bei meinen eigenen Unterſuchungen hatte ich beſonders den Zweck vor Augen, den innigen Zuſammenhang der Erſcheinungen, welchen die Gletſcher der Jetztwelt zum Grunde liegen, mit den Spuren ihrer ehemaligen Exiſtenz und ihrer weit bedeutenderen Ausdehnung in einer früheren Epoche der Erde nachzuweiſen. Hiezu bedurfte ich einer genauen Kenntniß der jetzigen Gletſcher, des Einfluſſes, welchen die atmosphäriſchen Agentien auf ſie ausüben und der Einwirkung, welche der Boden, auf dem ſie ruhen, erleidet. Mehrfache neue Thatſachen, welche mich meine Unterſuchungen kennen lehrten, viele abweichende Erklärungen, welche die genauere Einſicht in die durch die Gletſcher bedingten Erſcheinungen mir aufdrang, wird man in dieſem Buche finden; doch habe ich in Hinſicht der letzteren, um alle, auf mangelhafte Beobachtung von meiner Seite geſtützte Einwendungen zu vermeiden, ſtets vorgezogen, ſie wo möglich durch von bewährten Männern beobachtete Thatſachen, zu unterſtützen, und dieſen, wenn ſie als wahrhaft und genau betrachtet werden konnten, den Vorzug vor den meinigen zu geben. Ich biete hier die Früchte eines fünfjährigen Studiums. Ich lege einigen Werth darauf, zu bekennen, daß die Reſultate, welche ich hier aufzeichne, die Schlüſſe,

welche ich auf meine Beobachtungen geſtützt, oft und wiederholt den Gegenſtand lebhafter Diskuſſionen mit den Freunden, welche mich auf meinen Ausflügen begleiteten, bildeten; — alle Flüge der Phantaſie, alle zu kühn gewagten Anſichten, welche nicht auf ſicher beobachteten Grundlagen beruhen, werden bei ſolchen gemeinſchaftlichen Unterſuchungen gar bald in engere Schranken zurückgewieſen, die Verirrungen des Einzelnen ſchnell von den Andern auf den richtigen Weg zurückgeführt und ich darf es ſagen, wenn meine Beobachtungen vollſtändiger als die meiner Vorgänger erſcheinen ſollten, ſo verdanke ich dieſen Vortheil größtentheils der ſtrengen und nachſichtsloſen Kritik meiner Freunde.

Ich bin weit entfernt, zu glauben, meinen Gegenſtand erſchöpft und das letzte Wort in dieſer Sache geſprochen zu haben. Im Gegentheile kann ich nichts ſo ſehr wünſchen, als daß man ſich ſelbſt überzeugen möge, wie Viel noch in jenen Regionen zu ſehen, zu unterſuchen, zu erfahren ſei. Je eifriger man forſchen, deſto fruchtbarere Reſultate, von wahrem Gewinn für die Wiſſenſchaft, wird man erhalten; davon hat mich ein längerer dießjähriger Aufenthalt auf dem Eismeere des Finſteraarhorns von Neuem überzeugt.

Die deutſche Bearbeitung dieſes gleichzeitig franzöſiſch erſchienenen Werkes verdanke ich meinem Freunde Dr. Carl Vogt.

Grimſelhoſpiz, den 20. Auguſt 1840.

L. Agaſſiz.

Digitized by Google

Erſtes Kapitel.

Hiſtoriſcher Ueberblick.

Gar manche Schriftſteller haben an den Gletſchern ihre Feder verſucht, nur Wenige aber ihren Gegenſtand in ſeinem ganzen Umfange ſtudirt und nach allen Seiten hin zu erörtern ſich beſtrebt; die Meiſten beſchränkten ſich darauf, einzelne zerſtreute Beobachtungen aufzuzeichnen und Notizen mitzutheilen, welche oft kaum mit den wichtigſten und intereſſanteſten Verhältniſſen der Gletſcher in Beziehung ſtanden. Von einer vollſtändigen, unpartheiiſchen Würdigung alles deſſen, was Einzelne in dieſem Felde der Naturforſchung geleiſtet, kann daher vor der Hand ſchon deshalb nicht die Rede ſein, weil gerade die wichtigſten Erſcheinungen, auf welchen eine gründliche Kenntniß unſeres Gegenſtandes beruhen muß, keineswegs gehörig aufgeklärt, ſondern durch die widerſprechendſten Angaben noch immer in tiefes Dunkel gehüllt ſind. Was daher leicht wäre bei vorgerückterem Stande unſerer Kenntniſſe, die Angaben und Behauptungen Einzelner über die Gletſcher

ihrem inneren Werthe nach zu zergliedern, einander gegenüber zu ſtellen, zu bekräftigen oder zu widerlegen, wird hier, wo die Hauptfragen noch ihrer Löſung entgegen harren, unnütz und ſogar unmöglich. Noch weniger werde ich über die mannichfachen Hypotheſen mich ausſprechen, welche, in Ermangelung von Thatſachen, hie und da von den Autoren aufgeſtellt wurden. Ich werde mich darauf beſchränken, die Thatſachen aufzuführen, welche die Hauptſchriftſteller über Gletſcher in ihren Werken aufgezeichnet haben, und ſo viel wie möglich ihre eigenen Worte wiedergeben. Da in den einzelnen Kapiteln oft genug Einer oder der Andere dieſer Schriftſteller erwähnt werden muß, ſo braucht dann der Leſer, will er vergleichen, nicht lange nach den, eine beſondere Erſcheinung beſchlagenden Stellen zu ſuchen, ſondern hat ſogleich das Mittel an der Hand, im Buche ſelbſt die Angaben und Schlüſſe Anderer mit den meinigen zu vergleichen. Vereinzelte, beſondere Punkte betreffende Angaben von Schriftſtellern, welche nicht den Gegenſtand in ſeinem ganzen Umfange zu erſchöpfen geſucht, können nicht hier, ſondern nur in den Kapiteln eine Stelle finden, welche dieſe beſonderen Punkte ausführlicher zu erörtern beſtimmt ſind.

Scheuchzer, der berühmte Züricher Naturforſcher, auf den die Schweiz mit Recht ſtolz iſt, ein Mann, eben ſo beſcheiden in ſeinem Auftreten, als kühn in ſeinen Schlüſſen, iſt der Erſte, welcher den Gletſchern, als einer ausgezeichneten Erſcheinung im Gebiete der allgemeinen Phyſik, eine beſondere Aufmerkſamkeit ſchenkte. Wenige Seiten nur ſeines Gegenſtandes ließ er unbeleuchtet,

die meiſten behandelte er mit großer Ausführlichkeit und erhöhte den Werth ſeiner eigenen Erfahrungen noch durch eine genaue und gewiſſenhafte Ueberſicht alles deſſen, was vor ihm über die Gletſcher geſchrieben worden war. Viele ſeiner Anſichten haben nicht nur bei den Gelehrten, ſondern ſelbſt im Volke Wurzel gefaßt, und ſind ſpäter von Andern als neue Reſultate eigener Beobachtungen wiedergegeben worden. Ein Auszug desjenigen Kapitels aus ſeinen Alpenreiſen, welches den Gletſchern gewidmet iſt, wird ſowohl das, was er geleiſtet, an das Licht ſtellen, als auch das frühere, vor ihm bekannte, kennen lehren, da er mit gewohnter Gründlichkeit die Beobachtungen und Anſichten ſeiner Vorgänger darin behandelt.

Scheuchzer ſchreibt mit Simler die Entſtehung der Gletſcher den Schneeanhäufungen auf den Hochgebirgen zu; er unterſcheidet ſehr genau den Firn von den Gletſchern im engeren Sinne des Wortes *); er beſchreibt die Verſchiedenheiten, welche die Gletſcher, je nach Lage und Höhe der Gebirge, welche ſie bekleiden, in Form, Höhe, Länge, Anſehn u. ſ. w. darbieten. Ferner erwähnt er Hottingers Beobachtungen **) über Schichtung und Vermehrung der Gletſcher, ſo wie über ihr Vor- und

*) *Simler*, de Alpibus S. 74 (Edit. Elzevir., p. 193) ſagt ſehr kurz und treffend: Porro inveteratas illas nives nostri homines *Firn* vocant. Est autem nix hæc dura quidem et aliqua ex parte congelata, sed nondum nivis naturam exuit; quæ vero soluta et congelata, neque jam nix sed glacies est, ea *Gletscher* a nostris vocatur.

**) Ephemerides Acad. nat. curios. 1706, pag. 41.

Rückwärtsſchreiten. Weiter ſpricht er von der Reinheit des Gletſchereiſes und beſtätigt **Simlers** Anſicht, welcher zuerſt behauptete, der Gletſcher ſtoße allmälig alle fremde Körper, welche in ſeine Spalten fallen, auf der Oberfläche wieder aus. Er ſchreibt ihnen ſchon eine vorwärtsſchreitende Bewegung zu, und führt als Beweis hiefür die Kapelle der heil. Petronilla im Grindelwald an, welche mit den umgebenden Häuſern, Bäumen, Stallungen und Weiden von dem Gletſcher ergriffen und weggeſchoben wurde, ſo daß die Bewohner gezwungen waren, anderwärts ein Obdach zu ſuchen. **Scheuchzer** erkannte ganz richtig die Urſache dieſes Vorſchreitens in der Ausdehnung des Gletſchers, welche ſeiner Anſicht nach durch die Infiltration und das Gefrieren des Waſſers in den Spalten und andern Zwiſchenräumen des Gletſchers bedingt wird. *) Dann ſpricht er von den Schründen,

*) «Addunt modum veluti progressivum, quo terminos suos magis magisque soleant protendere, et exempli loco afferunt Divæ Petronellæ sacellum, in Grindelia valle, glacie totum opertum, et sede sua depulsum, quæ adhuc dum digitis demonstrari solet, terram item adjacentem, una cum arboribus, casis, stabulis et pascuis remotam, ut incolæ aliorsum casas suas migrare necesse habuerint. Progressivi hujus accrementi et effectuum binc dependentium causa non miraculo alicui, quod verum pbysicarum impiriti somniant, sed omnino causis naturalibus adscribi debet. Solet nempe aqua a tergo montium rupiumve glacialium defluens, vel in fissuris ipsis et interstitiis aliis glaciallbus collecta et

welche er wohl von den Spalten und andern Räumen im Gletſchereiſe unterſcheidet, und behauptet, die Schründe bildeten ſich beſonders im Sommer und Frühling, oder wenn ein plötzlicher Temperaturwechſel die Luftblaſen, deren das Gletſchereis ſehr viele enthalte, ſtark ausdehne. *) Wir werden in der Folge ſehen, daß unter den hauptſächlichſten Erſcheinungen, welche mit den Gletſchern in

utrobique conglaciata, quoniam amplius in hoc statu requirit spatium (contestantibus id experimentis circa frigus et glaciem institui solitis) undiquaque premere et eam quidem glaciei partem, quæ liberum aerem respicit et pascua declivia actu ipso propellere, et una cum glacie arenam, lapides, saxa etiam grandiora, quo ipso hyperbolica illa purgatio simul explicari, et facile intelligi potest.» *Scheuchzer*, Iter alpinum quartum; pag. 287, edit Lugd. Batav.

*) «De montibus his glacialibus insuper observari meretur eos sæpe *rimas agere*, et rumpi tacito quidem impetu, ut terra tremere et montes ipsi ruere videantur. Fit hoc præcipue verno tempore, et æstivo, vel etiam imminente quavis aeris frigidi in calidum et humidum mutatione, quando nempe aer bullis glaciei (notandum ὡς ἐν παρόδῳ montanam nostram glaciem bullulis esse refertissimam) incarceratus et condensatus, vim suam elasticam potius exercere, quam rarescere incipit, tanto magis autem quo debilior est vis contrapremens aeris externi. Non potest autem hæc expansio aeris clausi contingere, absque quod abrumpantur cum fremitu et sonitu parietum regidiorum, tanto fortiori, quo crassior adque profundior est frusti glacialis diffringenda moles.»

Verbindung ſtehen, nur die Moränen und Felſenſchliffe der beſonderen Aufmerkſamkeit Scheuchzers entgingen.

Gruner, in ſeinem großen Werke über die ſchweizeriſchen Gletſcher *), bringt nicht viel Neues darüber vor. Er beſchreibt ſie viel mehr ihrer äußeren Erſcheinung nach, als daß er ihre Struktur und Bildung unterſuchte, und Alles was er über Urſprung, Zuſammenſetzung, Form, Bewegung, Lage derſelben u. ſ. w. angibt, iſt nur eine Erweiterung deſſen, was Scheuchzer und ſeine übrigen Vorgänger, unter welchen Altmann beſondere Berückſichtigung verdient, ſchon längſt gelehrt; ſeine Erklärung der Eispyramiden iſt durchaus falſch; die Specialangaben über die Modifikationen des Eiſes in den Alpen größtentheils ungenau. Die Schründe ſchreibt er dem Gewichte der Gletſchermaſſen und der Spannung der Luft und des Waſſers zu, die ſich darunter anhäufen. Die Vermehrung der Gletſcher erklärt er auf folgende Weiſe: Die anwachſenden Eisſtröme ſtopfen den Ausfluß der Thäler und ſtauen das Waſſer hinter ſich, welches endlich über

*) Beſchreibung der Eisgebirge des Schweizerlandes von Gruner, 3 Bde. in 8. Bern 1760.

Unter dem Titel: «Histoire naturelle des Glacières de Suisse, par *Grouner*», 1 Vol. in-4°. Paris 1770, iſt eine Ueberſetzung dieſes Werkes von einem gewiſſen de Keraglio erſchienen; eine jämmerliche Verſtümmelung des Originals, welche namentlich in Beziehung auf Ortsnamen, durch die lächerlichſten Mißverſtändniſſe, eine nicht geringe Unwiſſenheit an den Tag legt.

das Eis wegfließt, gefriert und ſo die Eismaſſe von oben vermehrt, während unten, an der Thalſohle, ſie fortwährend durch Abſchmelzen verliert. Er iſt zugleich der Erſte, welcher die Gletſcherbewegung einem Rutſchen auf dem Grunde, durch das Gewicht ihrer Maſſen und das Schmelzen auf den Seiten bedingt, zuſchreibt. Dieſe Behauptung iſt eine natürliche Folge der falſchen Anſicht, welche Gruner ſich über Wachsthum und Abſchmelzen der Gletſcher gebildet hatte. Der Moränen erwähnt er nur im Vorbeigehen, und legt wenig Gewicht auf ihre Bildung und Bewegung. Dagegen ſind ſeine Angaben über das wechſelnde Vor- und Rückſchreiten des Grindelwaldgletſchers, innerhalb der Jahre 1540—1750, außerordentlich merkwürdig und intereſſant.

Mit mehr Fleiß und Ausdauer als alle ſeine Vorgänger und Nachfolger hat de Sauſſure die Gletſcher unterſucht. Faſt alle ſchweizeriſchen Gletſcher kannte er aus eigener Anſicht; die Eismeere des Montblanc, Monte-Roſa und des Berner Oberlandes hat er beſucht, und ſein unermüdlicher Eifer für die Naturgeſchichte der Alpen ließ ihn Wege nach den höchſten Gipfeln finden zu einer Zeit, wo die jetzt beſuchteſten Thäler den Städtern faſt unzugänglich erſchienen. Die zahlreichen Beobachtungen, welche er in ſeinen wiederholten Bergfahrten ſammelte, bilden noch heute die Grundlage unſerer Kenntniſſe über die Gletſcher *), und keine wichtige Erſcheinung, kann

*) Voyages dans les Alpes, par *H. B. de Saussure*, 4 vol. in-4°. Neuchatel 1803.

man ſagen, iſt ihm entgangen. Leider baute er zu ſehr auf Gruner und entlehnte dieſem verſchiedene Anſichten, die ich für fälſch halte, wie namentlich ſeine Erklärung der Gletſcherbewegung.

Er ſuchte zuerſt die Dicke der Gletſcher zu beſtimmen und fand ſie zwiſchen 80—100 Fuß am Glacier des Bois. Ihre Entſtehung erklärt er auf dieſelbe Weiſe wie Scheuchzer und Simler, und unterſcheidet mit ihnen den Schnee der Hochgebirge von den eigentlichen Gletſchern. Unter den Agentien, welche die Verminderung der Gletſcher bedingen, zählt er Sonnenſchein, Regen, warme Winde und Verdunſtung der Oberfläche auf; das wichtigſte aber iſt ihm die innere Erdwärme. Dieſer hauptſächlich ſchreibt er das Schmelzen der Gletſcher, die Bildung der Ströme unter dem Eis, ſo wie die Verminderung der unteren Schneelager zu, deren Schichtung er vom Jahreswechſel bedingt glaubt. Er bekennt ſich zu der Anſicht, daß das Gewicht ihrer Eismaſſen die Gletſcher in die tiefen Thäler hinabziehe, wo die Wärme der Witterung zu ihrer Schmelzung hinreiche, ja er verſichert: „dieſe Eismaſſen, fortgezogen durch die Neigung des Thalbodens, auf dem ſie ruhen, werden durch das Gewäſſer aus den Verbindungen, welche ſie mit der Thalſohle eingegangen haben könnten, gelöst, zuweilen ſelbſt emporgehoben, und müſſen ſo der Richtung der Thalneige nach, in die tieferen Ebenen hinabrutſchen.“ Wir werden ſehen, daß die Thatſachen keineswegs mit dieſer Sauſſure'ſchen Erklärung der Gletſcherbewegung übereinſtimmen, ſondern daß wir hier, wie in manchen

anderen Punkten, auf Scheuchzers Anſichten zurückkommen müſſen.

Sauſſure hat zuerſt mit Aufmerkſamkeit die Moränen, ihre Bildung, Anordnung, Bewegung und die Form ihrer Geſteine verfolgt; doch hat er nur die Seitenmoränen begriffen; ſeine Erklärung der Mittelmoränen hingegen iſt durchaus verunglückt, und die einzig richtige, welche durch alle Thatſachen beſtätigt wird, weist er von vorn herein von der Hand. Wohl aber verdankt man ihm zuerſt den glücklichen Einfall, die Moränen als Mittel zur Beſtimmung der verſchiedenen Ausdehnung und des Vor- und Rückſchreitens der Gletſcher zu benutzen; er hat ſelbſt durch den Nachweis der verſchiedenen concentriſchen Endmoränen des Glacier des Bois ſeine Anſicht zu begründen geſucht, ohne jedoch zu den wichtigen Schlußfolgen zu gelangen, welche ſeine Nachfolger daraus zogen. Daß die Gletſcher alles Bewegliche, welches ſie in ihrem Laufe antreffen, vor ſich wegſtoßen, hat er wohl bemerkt; aber die Glätte des Felsgrundes der Gletſcherthäler ihren Bewegungen zuzuſchreiben, iſt ihm nicht in den Sinn gekommen. Die richtige Erklärung der Gletſchertiſche dagegen verdanken wir ihm.

Hugi *) hat ſich beſonders dem Studium der ſchweizeriſchen Central-Alpenkette gewidmet. Eben ſo kühner Bergſteiger als eifriger Geologe, beſchränkte er ſich bei ſeinen Gletſcheruntersuchungen nicht, wie ſo viele Beobachter

*) Naturhiſtoriſche Alpenreiſe von F. J. Hugi. Solothurn 1830.

auf die Thalausgänge derſelben, ſondern ſtieg zu ihren Urſprüngen hinauf, und ſammelte ſo eine Menge neuer Beobachtungen, welche ſeinen Vorgängern entgangen waren. Alles, was er über die Struktur der Gletſcher, die Verſchiedenheit ihres Eiſes in verſchiedenen Höhen, über die Verhältniſſe der Firnlinie, welche er mit Genauigkeit zu beſtimmen ſuchte, beibringt, iſt das Reſultat neuer, ihm eigener Beobachtungen, welche Niemand vor ihm ſo ſehr ins Einzelne verfolgt hatte, und wenn auch mehrere wichtige Fragen über Bildung und Struktur der Gletſcher von ihm ungelöst blieben, ſo iſt das Studium ſeines Werkes doch für jeden, der die Gletſcher genau kennen lernen will, unerläßlich.

Hugi ſuchte eine unveränderliche Grenzlinie zwiſchen den Firnmaſſen der Hochkuppen und den eigentlichen Gletſchern nachzuweiſen, welche er die Firnlinie nennt; er theilt zahlreichere Angaben, als man beſaß, über die Mächtigkeit der Gletſcher mit. Er hebt das rauhe körnige Anſehen der äußeren Oberfläche und die Glätte der unteren Fläche der Gletſcher beſonders hervor, und behauptet, der Gletſcher ruhe auf dem Grund auf Pfeilern, zwiſchen welchen ſich unregelmäßige Gewölbe hinzögen, und ſei nicht durchaus mit dem Grunde zuſammengefroren. Er ſetzt aber hier die Ausnahme für die Regel. Viele, den Aelplern wohl, ſonſt aber faſt durchaus unbekannte Thatſachen über die Farbe der Gletſcher bringt er bei. Als Urſache ihrer Bewegung nimmt er eine Art organiſcher Thätigkeit, eine innere Ausdehnung der Gletſchermaſſen an, die er weiter nicht erklärt, ſpricht ſich aber gegen die Annahme des

Rutſchens ſowohl, als der durch phyſikaliſche Urſachen bedingten Ausdehnung des Eiſes aus; mit Unrecht behauptet er die ausſchließliche Abnahme der Gletſcher und Firnmaſſen auf ihrer Unterfläche.

Die eigenthümliche Struktur des Hochfirnes ſchreibt er der Trockenheit der Luft in den höheren Regionen zu; über die Umwandlung der Firnmaſſe in Gletſchereis, gibt er ſchöne, zahlreiche Beobachtungen. Die Schründe erklärt er durch die Spannung der verſchiedenen Eisſchichten und eine Art polaren Gegenſatzes, welcher, nach ihm, zwiſchen der Ober- und Unterfläche der Gletſcher exiſtiren ſoll; er unterſcheidet demgemäß zwei Arten von Schründen: Tagſpalten, welche nur bei Tag und im Sommer von oben nach unten ſich einreißen und Nachtſpalten, welche im Winter und bei Nacht unter dem Gletſcher in der Richtung von unten nach oben entſtehen ſollen. Niemals ſollen die Spalten eine Moräne durchſetzen.

Seine Angaben über die Moränen ſind ſehr unvollſtändig und ſelbſt ungenau; die Verdunſtung des Eiſes will er nicht als Grund der Erhebung der Guffer über die übrige Gletſcherfläche angeſehen wiſſen; ſeine Erklärung der kleinen Löcher, worin man oft Steinchen, Inſekten und ſelbſt Blätter findet, ſcheint mir ſehr unwahrſcheinlich. Er betrachtet das Auswerfen fremder Maſſen auf die Oberfläche als eine Art organiſcher Thätigkeit, ohne ſich näher in deren Erläuterung einzulaſſen. Voll Intereſſe aber ſind ſeine Angaben über das Vor- und Rückſchreiten der Gletſcher.

Auffallend iſt es, daß Hugi, der ſo oft die abgerundeten Felſen in der Nähe der Gletſcher beobachtete, nicht darauf verfiel, ſie der Bewegung derſelben zuzuſchreiben; er ſcheint dieſe Bauchgeſtalten, wie er ſie nennt, als einen eigenthümlichen Charakter des granitiſchen Geſteines, an welchen er ſie am häufigſten beobachtete, zu betrachten. Da er mehr die Struktur der Gletſcher ſelbſt als die Moränen unterſuchte, ſo ließ er die alten Moränen gänzlich außer Acht. Deſto gründlicher und ausführlicher aber wurden dieſe alten Moränen von den Herren Venetz und von Charpentier ſtudirt.

Venetz, damals Ingénieur en chef des Kanton Wallis, las im Jahre 1821 in der Verſammlung der ſchweizeriſchen naturforſchenden Geſellſchaft eine Abhandlung über die Variationen der Temperatur in den ſchweizeriſchen Alpen, welche aber erſt im Jahre 1833 im zweiten Theile des erſten Bandes der „Denkſchriften der allgemeinen ſchweizeriſchen Geſellſchaft für die geſammten Naturwiſſenſchaften" veröffentlicht wurde.

Eine Reihe höchſt merkwürdiger Thatſachen über den Gang der Gletſcher findet man hier mitgetheilt. Der Verfaſſer weiſt zuerſt ſchlagend die ungeheure Ausdehnung der Gletſcher in früheren Zeiten nach *); er be-

*) Ich weiß zwar recht wohl, daß Brard im 19. Bd. des Dictionnaire des sciences naturelles Artikel Glacier erzählt, ein Führer von Chamouni, Namens Deville, habe ihm ſonderbare Anſichten über die Gletſcher geäußert und behauptet, gewiſſe, weit von den heutigen Moränen ent-

ſpricht zuerſt die alten Moränen, welche oft in ſehr beträchtlichen Entfernungen von den Gletſchern ſich finden, und deren Urſprung ſich in die graue Vorzeit verliert. Die Thatſachen über das Vor- und Rückgehen der Gletſcher in ziemlich engen Gränzen, ſind für den Verfaſſer Erſcheinungen aus der geſchichtlichen Zeit. Zwar hatte ſchon Sauſſure alte Moränen beſchrieben, welche nicht mehr am Rande der heutigen Gletſcher ruhten, ſondern mehr oder minder vom Thalende derſelben, entfernte concentriſche Gürtel darſtellten; allein man ſchien ſeine Angaben ſo durchaus vergeſſen zu haben, daß ich ſelbſt von unbedingten Vertheidigern der Sauſſure'ſchen Anſichten ihre Richtigkeit läugnen hörte, obgleich gerade von einem der häufigſt beſuchten Gletſcher, dem Glacier des Bois im Chamounithale dieſe alten Moränen von Sauſſure beſchrieben wurden.

Venetz's Unterſuchungen ſind um ſo wichtiger und ſeine Angaben verdienen um ſo mehr Glauben, als ſie außer allem Einfluß von theoretiſchen Anſichten und Syſtemen geſammelt wurden. In ſeiner erſten Abhandlung berichtet er nur einfach die Thatſachen und erſt 10 Jahre

---

fernte Blöcke ſeien von den Gletſchern dorthin gebracht; ich weiß auch, daß Playfair behauptete, Gletſcher hätten die erratiſchen Blöcke an ihre jetzigen Fundorte geſchoben; allein alle dieſe Anſichten waren vergeſſen, bis Venetz durch zahlreiche Beobachtungen und unwiderlegliche Thatſachen ihnen eine wiſſenſchaftliche Begründung verlieh.

ſpäter brachte ihn die Anſicht der erratiſchen Blöcke in den niedern Alpenthälern auf den Gedanken, ihren Transport den Gletſchern zuzuſchreiben. Früher ſchon hatte Venetz ſehr genügend das Auswerfen fremder Körper, welche durch die Schründe oder auf andere Weiſe in die Gletſcher gerathen, erklärt *).

J. von Charpentier, welcher lange Zeit die Meinung ſeines Freundes Venetz nicht theilen wollte, ward bald, als er die Thatſachen, die ihnen zu Grunde liegen, unterſucht und ihre vollkommene Richtigkeit erkannt hatte, aus einem Gegner der eifrigſte Vertheidiger der neuen Anſichten, und war ſelbſt der Erſte, der ſie veröffentlichte. Indeß beſchränkte er ſich nicht nur darauf, der Verbreiter dieſer Anſichten zu ſein, er entwickelte ſie ferner durch neue Beobachtungen und Thatſachen und die Unterſuchung der polirten Felsflächen, die er zuerſt weiter verfolgte, ward unter ſeinen Händen ein neuer Beweis für die Richtigkeit der Schlüſſe, welche Venetz aus ſeinen Beobachtungen gezogen. Charpentier fügte noch intereſſante Notizen über die kleinen Seen, die ſich oft an den Seiten und dem Thalende der Gletſcher bilden, und über die eigenthümlichen Erſcheinungen, welche dieſe kleinen Seen bedingen, bei. Von den gewonnenen Thatſachen ausgehend, behauptete er, die Gletſcher hätten früher bis zum Jura gereicht und die Fündlingsblöcke dorthin getragen, die man auf dem Abhange dieſes Gebirges antrifft.

*) Verhandlungen der helvetiſchen naturforſchenden Geſellſchaft von 1816. Bern. 8.

Im achten Bande der «Annales des Mines» und im erſten Bande der „Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretiſchen Erdkunde von Fröbel und Heer“ hat Charpentier ſeine Theorie weitläufiger entwickelt.

Es iſt hier nicht der Ort, die übrigen über den Transport der erratiſchen Blöcke aufgeſtellten Hypotheſen zu durchgehen; ich verſchiebe dies auf das Kapitel, welches von dieſem Gegenſtande handeln wird. Gerade die große Verſchiedenheit der Meinungen unter den Geologen in dieſer Hinſicht, brachte mich auf das Studium der Gletſcher. Die Theorien Charpentiers, die er nur kurz in den Notizen, welche er veröffentlicht, entwickelt hatte, fanden bei mir damals wenig Glauben, während die Hypotheſe der Ströme, die ſo allgemein angenommen war, mir die Erſcheinungen weit einfacher zu erklären ſchien. Ja, ich hegte ſelbſt einigermaßen die Hoffnung, Herrn von Charpentier auf ſeinem eigenen Boden zu ſchlagen und ihn von ſeinen, in meinen Augen etwas überſpannten Anſichten zurückbringen zu können. Ich begab mich deshalb im Sommer 1836 nach Bex und verwandte 5 Monate beinahe ausſchließlich auf das Studium der Gletſcher und der durch ſie bedingten Erſcheinungen. Ich müßte jede Exkurſion, die ich mit meinem verehrten Freunde machte, weitläufig erzählen, wollte ich auseinanderſetzen, wie nach und nach meine Anſichten über die erratiſchen Blöcke ſich änderten. Er ſelbſt zeigte mir bei unſeren zahlreichen Ausflügen jeden intereſſanten Punkt der Gegend, die er ſo genau und mit ſo großem Erfolge ſtudirt hat; wir beſuchten zuſammen die Gletſcher

des Paſſes der Diablerets, des Thales von Chamouni, die Moränen des Rhonethales ſo wie der Haupt-Seitenthäler des Wallis und viele der klaſſiſchen Orte in jener intereſſanten Gegend beſuchte ich zu wiederholten Malen, um auch andere Freunde, die ich zur Beſichtigung der merkwürdigen Erſcheinungen, auf welche von Charpentier meine Aufmerkſamkeit gelenkt, eingeladen hatte, von meiner neu gewonnenen Anſicht zu überzeugen.

Bis dahin waren die aufgefundenen Beweiſe für eine größere Ausdehnung der Gletſcher in früherer Zeit, auf die inneren Alpenthäler ſelbſt beſchränkt und das Becken des Genferſees war ihre äußerſte Grenze. Allein bei meiner Rückkehr nach Neuenburg im Monat Dezember, erkannte ich ſogleich, daß die ſogenannten Waſchflächen des Jura (laves der franzöſiſchen Bewohner dieſes Gebirges) denſelben Urſachen ihr Daſein verdanken, wie die Felſenſchliffe der Alpenthäler, nämlich dem Eiſe. Im Winter 1836—1837 theilte ich in einer Reihe öffentlicher Vorleſungen die bis dahin gewonnenen Reſultate einem größeren Publikum mit, und durch meine Eröffnungsrede als Präſident der in Neuenburg im Jahre 1837 verſammelten allgemeinen ſchweizeriſchen Geſellſchaft der Naturwiſſenſchaften, wurden auch die Naturforſcher mit meinen Anſichten bekannt. *) Seither habe ich ohne Unterlaß, im Jura wie in den Alpen, den mir lieb gewordenen

*) Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Session de 1837. Neuchâtel. 8º.

Gegenſtand verfolgt. Im Herbſte 1837 wandte ich mich zu den Felſenſchliffen des waadtländiſchen, ſolothurniſchen und aargauiſchen Jura und beſuchte aufs Neue das Rhonethal. Im Jahre 1838 wurden die Gletſcher und Felſenſchliffe des Berner-Oberlandes und des Oberwallis, und etwas ſpäter die des Thales von Chamouni unterſucht. Bei der Verſammlung der Société géologique de France in Pruntrut im Herbſte deſſelben Jahres *), erwähnte ich beſonders der polirten Felſen des Haslithales als der merkwürdigſten, die ich bis dahin kennen gelernt hatte. Endlich im Jahre 1839 verband ich mich mit Studer und mehreren Freunden zu einem neuen Ausflug ins Berner-Oberland und das Oberwallis; die große Moräne von Kanderſteg, die H. Guyot ſchon bemerkt hatte, die ausgebreiteten Karrenfelder der Gemmi, das Visptȟal und die ſo merkwürdigen Gletſcher von Zermatt, boten neuen reichen Stoff zur Unterſuchung und Belehrung dar. Mein Freund Deſor, der mich auf allen Ausflügen der Jahre 1838 und 1839 begleitete, hat ſchon im Maihefte der Bibliothèque universelle de Genève vom Jahre 1840 das Tagebuch unſerer Reiſe in die Gletſcher des Monte-Roſa und des Matterhorns veröffentlicht, und ich kann, in Hinſicht der neuen Thatſachen, die uns dieſe Reiſe in ſo reichem Maße bot, auf dieſen Aufſatz verweiſen.

In verſchiedenen Blättern ſind ſeit einiger Zeit Aufſätze erſchienen, welche mehr oder minder den neuen An-

*) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 9. S. 449.

ſichten über die Gletſcher huldigen *); aber die intereſſanteſten Beobachtungen, die ganz unerwartet kamen, ſind gewiß die, welche Profeſſor Renoir neuerdings bekannt gemacht hat **) und welche das frühere Daſein von Gletſchern in der Kette der Vogeſen beweiſen. ***)

So reihen ſich ſtets mehr und mehr Thatſachen zuſammen, welche, in Verbindung mit den in England und Schweden beobachteten Felſenſchliffen und der Auffindung ganzer, wohlerhaltener Mammuthe in den Eismaſſen Sibiriens, das Vorhandenſein einer Eiszeit zu beweiſen ſcheinen, welche zwiſchen unſerer jetzigen Periode und der ſogenannten Diluvialepoche der Erdbildung herrſchte.

---

*) Studer im Bulletin de la société géologique de France. Bd. 11. S. 49. Arnold Eſcher von der Linth in Leonhard und Bronn Jahrbuch 1840. Brief an H. Bronn.

**) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 11. S. 53.

***) Während dem Leſen des erſten Abdrucks dieſes Bogens kommen mir zwei neue Werke, über die Gletſcher handelnd, zu: « Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes », par M. Ch. Godeffroy; Génève 1840. 8°, und «Naturſchilderungen aus den höchſten Alpen» von Ch. M. Engelhardt, Baſel 1840, 8. mit einem prachtvollen Atlas in Folio. Ich werde ſpäter auf den Inhalt zurückkommen.

Digitized by Google

Zweites Kapitel.

Die Gletſcher im Allgemeinen.

Es hält ungemein ſchwer, ſich einen richtigen Begriff von den Gletſchern zu bilden, ohne ſie geſehen zu haben. Allein auch eine flüchtige Anſicht auf der Durchreiſe reicht zu ihrem Verſtändniß bei weitem nicht aus, denn eine Maſſe von Einzelheiten, welche ſtets berückſichtigt werden müſſen und meiſt nicht gerade auf den erſten Blick in die Augen fallen, drängt ſich nur dem aufmerkſamen Beobachter entgegen. Eben ſo wenig reicht die Unterſuchung eines einzigen Gletſchers, ſollte ſie auch noch ſo genau nach allen Richtungen hin ausgeführt ſein, zur richtigen Auffaſſung der mannichfaltigen Erſcheinungen hin, welche die Gletſcher im Großen darbieten; die Verſchiedenheiten, wodurch die einzelnen ſich auszeichnen, ſind oft ſo bedeutend, der Einfluß der mannichfaltigen Lokalverhältniſſe auf ſie ſo groß, daß man viele Gletſcher geſehen und verglichen haben muß, um das Allgemeine von dem Beſondern, die Regel von der Ausnahme ſondern zu können.

Zudem bietet ihre Unterſuchung Schwierigkeiten und ſelbſt Gefahren dar, welche nur der reine Eifer für die Wiſſenſchaft überwinden kann, und erfordert rüſtigere Kräfte als die Beobachtung im ſtillen Cabinette; alles Urſachen, warum, meiner Anſicht nach, noch heute, wo die geringfügigſten Dinge dem forſchenden Auge der Naturforſcher nicht entgehen, eine der großartigſten Erſcheinungen in der räthſelhaften Werkſtätte unſerer Alpennatur noch ſo viele dunkle Seiten darbietet.

Die Gletſcher ſind ungeheure Eismaſſen, eingeſchloſſen in den alpiniſchen Thälern, oder gleichſam aufgehängt an den Seiten der Bergketten. Gleich Strömen von Schnee, ſcheinen ſie, aus der Ferne geſehen, von den hohen Kuppen der Berge hinabzuſtürzen, um ſich in das Thal zu ergießen. Selbſt in größerer Nähe hält es noch ſchwer, ſich zu überzeugen, daß es wirkliches Eis und kein Schnee iſt, woraus die Maſſe beſteht, welche man vor ſich hat. Wir werden in dem Kapitel über die Struktur der Gletſcher ſehen, welchen Urſachen dieſes ſchneeige Anſehen zuzuſchreiben iſt, welches das auf unſern Flüſſen und Seen gebildete Eis niemals darbietet.

In dem Erdſtrich, den wir bewohnen, finden Gletſcher ſich nur auf den Hochgebirgen *), und es geht ſchon aus

*) Ich habe in dieſem Werke nur die Gletſcher unſerer Alpen und die darüber erſchienenen Schriften ins Auge gefaßt, da ich die nordiſchen Gletſcher noch nicht unterſuchen konnte, und die des Tyrols nur zu einer Zeit ſah, wo ich ihren Verhältniſſen nicht die Aufmerkſamkeit widmete, wie jetzt.

dieſem einfachen Umſtande hervor, daß ſie nur unter eigenthümlichen Verhältniſſen und nur bei einer mittleren Temperatur ſich bilden können, welche unter dem Nullpunkt ſteht. Unrecht hätte man aber, wollte man hieraus ſchließen, daß überall, wo ſich Gletſcher finden, die mittlere Temperatur unter 0 ſein müßte, denn gerade das Herabſteigen vieler dieſer Eisſtröme in tiefe Thäler, welche Getreide bauen und eine mittlere Temperatur von + 4° und + 5° haben, zeichnet ſie ſo ſehr vor andern Erſcheinungen aus. Eben ſo falſch wäre es, wollte man den Schluß ziehen, Gletſcherbildung ſei da nothwendig gegeben, wo die mittlere Temperatur den Nullpunkt nicht erreicht. Atmosphäriſche Einflüſſe, lokale Verhältniſſe, Form, Lage und Struktur der Gebirgsſtöcke bedingen hier mannichfache Ausnahmen und üben den größten Einfluß aus. Ein ſteiler Felsabſturz, an welchem der Schnee nicht haften kann, wird nie einen Gletſcher tragen, da deſſen Bildung vom Schnee abhängt. Selten auch werden iſolirte Kuppen Gletſcher zeigen, ſelbſt wenn ihre Höhe weit die Schneelinie überragt. So bietet z. B. das Sidelhorn, obgleich 8524 F. über dem Meere, deſſen Gipfel das ganze Jahr hindurch faſt von Schnee bedeckt iſt, keine Gletſcher dar, während von mehreren, weit niedrigeren Kämmen, z. B. denen welche den Unteraargletſcher von dem oberen trennen, Gletſcher hinabſteigen. Am meiſten wird ihre Bildung begünſtigt, wenn mehrere hohe Gebirgsſtöcke nahe bei einander liegen, wie z. B. Jungfrau, Eiger und Mönch im Berner-Oberlande, Gornerhorn, Monte-Roſa, Lyskamm u. ſ. w. in der ſüdlichen Walliſerkette, oder

Montblanc, **Aiguille du Midi, Dôme du Gouté, Pic de Géant** u. ſ. w. in der Kette des Montblanc. Dann ſind nicht nur die Felsſpitzen, ſondern auch die Hochthäler zwiſchen ihnen mit Eis bedeckt, und letztere oft in ſo großer Ausdehnung, wie es ohne die Nachbarſchaft der hohen Spitzen gewiß nicht der Fall ſein würde So finden ſich ungeheure Flächen von 20—30 Quadratſtunden Inhalt, welche eine zuſammenhängende Oberfläche von Eis darbieten, aus welcher die hohen Felshörner auftauchen, gleich vulkaniſchen Inſeln in einem Ocean. Dies ſind die Eismeere, wie ſie in der Schweiz genannt werden, und die bedeutendſten ſind die des Montblanc, Monte-Roſa und des Berner-Oberlandes. Von letzterem hat Hugi in ſeiner naturhiſtoriſchen Alpenreiſe eine ſehr inſtruktive Karte gegeben. Ueberall, im ganzen Umfange dieſer Eismeere, ſteigen durch die Thäler und Tobel des Gebirges, wie Bäche, die Gletſcher im engeren Sinne des Wortes in die tieferen Regionen hinab. Die Zahl dieſer Ausläufer iſt ſehr verſchieden und hängt einzig von der Bildung der Gebirgsſtöcke ab, welche die Eismeere tragen. Je nachdem ſie viele Tobel und Einſchnitte bieten oder als gleichmäßige Mauern fortlaufen, iſt die Zahl der von ihnen ausſtrömenden Gletſcher verſchieden. Deshalb hat das Eismeer des Berner-Oberlandes mehr Gletſcher als das der Monte-Roſakette, allein ſie ſind aus demſelben Grunde auch bei weitem kleiner.

Bisher hatten meiſtens nur dieſe Gletſcher-Ausläufer das Vorrecht, von den Gelehrten unterſucht zu werden, und gar Mancher, den die Größe dieſer Ausläufer ſchon

mit Staunen und Bewunderung erfüllt, hat keinen Begriff von den ungeheuren Maſſen, denen ſie ihren Urſprung verdanken, und welche, hinter den Kämmen des Gebirges verborgen, ſelbſt der wiſſenſchaftlichen Forſchung meiſtens entzogen blieben, während ſich die meiſten Naturforſcher auf das zunächſt ihnen Vorliegende beſchränkten.

Nicht alle Gletſcher erreichen ein gleiches Niveau; viele ſchon hören bei 7000 — 8000 F. über dem Meere auf, während andere bis gegen 3000 F. Meereshöhe hinabſteigen. Ebenſo veränderlich iſt ihre Länge, und nicht immer ſind diejenigen die längſten, welche den tiefſten Stand erreichen; die Alpen bieten ſogar genug Beweiſe vom Gegentheile dar. Der Unteraargletſcher, einer der größten des Berner-Oberlandes ſteigt, nach Hugi's Beſtimmung, nur bis zu 5728 F. hinab, während der weit kürzere, untere Grindelwaldgletſcher eine Tiefe von 3200 Fuß erreicht. Der große Aletſchgletſcher, der längſte im ganzen Walliſerlande, hört ſchon bei 4000 F. auf.

Alle Gletſcher ohne Ausnahme verſchmälern ſich gegen ihr Ende hin, und mancher, der eine Stunde und mehr in ſeinem oberen Theile breit iſt, hat kaum 500 — 600 F. an ſeinem Ende. Die Dicke der Gletſchermaſſe ſcheint ebenfalls, wie ihre Breite, großen Schwankungen unterworfen; doch ſind noch keine genügende Unterſuchungen über dieſen Punkt angeſtellt. Hugi ſchätzt ſie im Durchſchnitt auf 80 — 100 F. für die untere, und 120 — 180 F. für die obere Partie. Meiſtens iſt die Endmaſſe am wenigſten mächtig und mehrere Gletſcher, die tief ins Thal hinabſteigen, haben kaum 50—60 F. Höhe an ihrem Ende.

Aus jedem Gletſcher entſpringt ein Bach, der um ſo mehr Waſſer führt, je bedeutender der Gletſcher ſelbſt iſt. Meiſt verläßt dieſer Bach den Gletſcher durch ein Thor, d. h. eine weite geräumige Wölbung, welche den Mittelpunkt des Endſtückes einnimmt. Zuweilen zeigen ſich neben dem Hauptthore in der Mitte mehrere Seitenthore, die aber ſtets weit weniger geräumig und weit unbeſtändiger ſind, als die Hauptwölbung. Die meiſten der in den Alpen entſpringenden Flüſſe, Rhein, Aar, Rhone u. ſ. w. verdanken auf dieſe Weiſe Gletſchern ihren Urſprung.

Die Eismeere ſind es, welche vorzüglich die Bedingungen der Gletſcherbildung in ſich enthalten; ſie ſind die Wiege jener vereisten Ströme, welche den Schnee des Hochgebirges zu Thal tragen und ſo jene ewigen Quellen erzeugen, denen das Alpengebirg ſeinen Waſſerreichthum verdankt. Hier, in dieſen Eismeeren, die ſich zu den aus ihnen entſpringenden Gletſchern wie große Binnenſeen zu ihren Ausflüſſen verhalten, in dieſen hohen Regionen müſſen wir alſo vorzüglich die Aufſchlüſſe der Fragen zu erhalten ſuchen, welche die Wiſſenſchaft über die Natur der Gletſcher an uns ſtellt.

Um einen richtigen Begriff über dieſe Natur der Gletſcher zu gewinnen, müſſen deshalb beſonders ihr Urſprung, die Modifikationen, die ſie in ihrem Verlauf thalabwärts erleiden, der Einfluß der äußeren, beſonders atmoſphäriſchen Agentien auf ſie und ihre Einwirkung auf ihre Umgebung unterſucht werden.

Ich habe einen Atlas meinem Werke beigefügt, um dem Leſer, dem perſönliche Anſchauung abgeht, das Verſtändniß der einzelnen Phänomene zu erleichtern. Meine Tafeln ſtellen die Gletſcher in den verſchiedenſten Phaſen ihrer Formen und Entwicklungen dar. Die meiſten dieſer, treu nach der Natur gezeichneten Anſichten ſind der Kette des Monte-Roſa entnommen, da dieſe die größte Verſchiedenheit der Erſcheinungen darbietet, und in der That, an wiſſenſchaftlichem wie künſtleriſchem Intereſſe, weit alle anderen alpiniſchen Ketten übertrifft. Die hohen Kuppen dieſes mächtigen Gebirgſtockes, welche dem Montblanc nur gering nachſtehen und zuweilen, wie das Matterhorn, durch ihre wunderbare Form vor allen anderen Felshörnern ſich auszeichnen; die Menge ſeiner Gletſcher, deren oft 6 bis 8 in einem Bette zu einem ungeheuren Eisſtrome ſich vereinigen; die zahlreichen Thäler, ſo intereſſant durch ihre Bildung an ſich, wie durch den Charakter ihrer Bewohner; endlich die zahlreichen Spuren alter, verſchwundener Gletſcher, welche einſt wie ein ungeheures Netz alle dieſe Gegenden umhüllten; Alles dieſes vereinigt, bildet ein Ganzes vom höchſten Intereſſe für Jeden, der an der Natur und ihren Erſcheinungen nicht gleichgültig vorüber geht.

Tafel 1 und 2 des Atlaſſes geben das Panorama der Monte-Roſakette, aufgenommen vom Riffelhorn über Zermatt, in dem Sankt Niklausthale. Vielleicht exiſtirt kein Standpunkt, der dieſem an Majeſtät und Großartigkeit der Anſicht zu vergleichen wäre; es erregt ein eigenthümliches Gefühl, ſich gegenüber zu ſehen dieſer 5 bis 6 Stunden breiten Kette hoher Dome und ſtarrer

Felskuppen, deren Spitzen von einander getrennt ſind durch die blendendweißen Gletſcher, welche, ihre Seiten einhüllend, alle dem großen Zermattgletſcher ſich einverleiben. *) Der breite Gebirgsſtock zur Linken (Tafel 1.) trägt, bei den Bewohnern des Thales Sankt Niklaus, den Namen des Gornerhorns; Zumſtein erklärt es für die höchſte Kuppe der ganzen Roſakette. Sein Gipfel iſt ein breites Plateau von zahlreichen Hörnern umgeben, denen v. Welden eigene Namen gegeben hat. **) Die in der Lineartafel mit b bezeichnete Spitze iſt es wahrſcheinlich, welche er Zumſteinſpitze nennt; es iſt dieſelbe, welche der kühne Reiſende, deſſen Namen ſie trägt, in den Jahren 1819—1823 mehrmals beſtieg, um thermometriſche und barometriſche Meſſungen anzuſtellen, deren Mittel eine Höhe von 14,160 Par. Fuß für dieſe Spitze ergibt. Das mit a bezeichnete Horn, das höchſte der ganzen Kette, erſcheint unerſteigbar; Zumſtein ſchätzt es 270 Fuß höher als die Spitze b. Alle dieſe Spitzen erheben ſich im Kreiſe über eine weite Eisfläche empor,

*) Engelhardt hat ſeinem oben (Seite 18.) angeführten Werke eine Abbildung deſſelben Panoramas beigefügt, welches zugleich noch das Matterhorn und ſeine Umgebungen umfaßt. Engelhardt's Tafeln ſind maleriſcher und beſſer ausgeführt als die meinigen; allein die den Gletſchern eigenthümlichen Verhältniſſe weniger berückſichtigt und nicht ſo hervorſpringend, da der Vordergrund auf den bedeutend kleinern Tafeln mehr Platz einnimmt.

**) v. Welden, der Monte-Rosa. Wien, 1824. p. 35.

Digitized by Google

welche nach allen Richtungen Gletſcher ausſendet. Der bis zur Höhe des Gebirgsſtockes hinanſteigende, iſt der Gornergletſcher; der Gletſcher zur Linken der große Weißthorgletſcher, welcher das Gornerhorn von der Cima di Jazi trennt; die größten Gletſcher indeß, welche dieſer Gebirgsſtock ausſendet, ſteigen nach Piemont hinab; es ſind dies der Ayas-, Allagna-, Macugnaga- und beſonders der große Lysgletſcher, welcher in das Leſathal mündet.

Ich nenne mit den Bewohnern des Thales St. Niklaus Kuppe des Monte-Roſa die breite Gebirgsmaſſe zur Rechten des Gornerhorns; es ſcheint indeß faſt, als ob die Bewohner eines jeden Thales den Gebirgsſtock Monte-Roſa nennen, der ihnen am meiſten in die Augen falle, und deshalb iſt die Bezeichnung dieſes Berges ungemein ſchwankend. Ich bin geneigt, den von mir Monte-Roſa genannten Berg für denſelben zu halten, den v. Welden mit dem Namen der Signalkuppe bezeichnet. Wie das Gornerhorn, iſt er bis zur Spitze beſchneit und nur hie und da ſpringen einige nackte Felswände aus dem Weiß hervor. Er ſendet mehrere Gletſcher aus, welche ſich mit denen des Weißthors und Gornerhorns vereinen. Ich nenne großen Monte-Roſagletſcher den Gletſcher, welcher den Sattel zwiſchen dieſem Berg und dem Gornerhorn ausfüllt; ich unterſcheide ihn von dem kleinen Roſagletſcher, welcher durch eine Mittelmoräne von dem großen getrennt, von dem ſeitlichen Kamm der Kuppe herabſteigt und ganz eigenthümliche Charaktere zeigt. Zwiſchen Monte-Roſa und Gornerhorn zeigt ſich in

weiter Ferne eine Spitze, wahrſcheinlich die Vincent-pyramide v. Weldens. Nach Weſten hin verbindet eine breite Eisfläche die Monte-Roſakuppe mit dem Lyskamm; der beträchtliche Gletſcher den dieſe Maſſe ausſendet, heißt der Lyskammgletſcher. Die Kuppe zur Rechten des Lyskamm iſt das Breithorn; da der Standpunkt zur Aufnahme dieſer Anſicht ihm gerade gegenüber genommen wurde, ſo erſcheint es höher und breiter als das Gornerhorn und der Monte-Roſa, die nur ihre Seitenanſicht darbieten. Bis zu ſeinem Gipfel iſt es vom Breithorngletſcher bekleidet. Die kahle, ſteile, ſchneeloſe Pyramide zu ſeiner Rechten iſt der kleine Mont-Cervin. Sauſſure, der ihn beſtiegen, nennt ihn: «la corne brune»; ein ſchmaler Gletſcher, der kleine Cervingletſcher, trennt ihn vom Breithorn. Dieſes Gletſcherchen vereint ſich bald mit dem weit breiteren Fürkefluegletſcher, der vom Eismeere von Sankt Theodul herabſteigt. Ich nenne ihn ſo, weil er längs des Fußes der Fürkeflue hinabſteigt, um ſich in den Zermattgletſcher zu ergießen. Endlich zur Rechten der Fürkeflue erfüllt ein ungeheurer Eisſattel, der St. Theodulgletſcher, den Raum zwiſchen dem kleinen und großen Cervin oder dem Matterhorn. Dieſer Sattel, welcher auch den Namen St. Jakobspaß trägt, dient in den Sommermonaten als Paß zwiſchen Piemont und Wallis, und auf ſeiner Höhe findet man die Ruinen des von den Piemonteſern zur Abwehr der Walliſer Angriffe gebauten Forts St. Theodul. Sauſſure ſchlug

hier ſein Zelt auf, als er die Meſſung des Matterhorns im Jahre 1792 vornahm.

So vereinigen ſich acht Gletſcher in dem Thale, welches von dieſen Höhen herausgeht, zu einem ungeheuren Eisſtrome, der an mehreren Orten mehr als eine Stunde Weges breit iſt und den Namen des Zermatt- oder Gornergletſchers trägt. Alle dieſe Gletſcher aber unterſcheiden ſich durch beſondere Eigenthümlichkeiten von einander und ihren Nachbarn, und wie man beim Zuſammenfluß zweier Ströme oft noch lange das Waſſer eines jeden in dem gemeinſchaftlichen Bette unterſcheiden kann, bis die Länge des Laufs eine gleichförmige Miſchung hervorbringt, ſo iſt es auch hier. Lange noch nach der Vereinigung unterſcheidet man die einzelnen Gletſcher; allein je weiter ſie hinabſteigen, je enger die Wände des Thals ſich an einanderſchließen und je ſteiler ſein Abfall wird, deſto ungleichförmiger wird die Oberfläche und unerkenntlich die einzelnen Eisſtröme, die den großen Gletſcher zuſammenſetzen. In dieſem Zuſtande zeigen ihn die Tafeln 3 und 4; ſeine Breite hat bedeutend abgenommen, die Morainen verſchmelzen mit einander und die Spalten ſind häufiger und breiter geworden.

Die Tafel 5 zeigt den Einfluß der Thalkrümmungen auf den Gletſcher und die Richtung ſeiner Spalten. Die 6te Tafel endlich zeigt das Ende des Gletſchers mit ſeinem Thore, aus welchem der Viſpbach (la Viège) entſpringt. Die zahlreichen Eisnadeln, welche man auf dem Gletſcher ſieht, entſprechen der ſteilſten Stelle des Gletſchers, etwas vor ſeinem Ende.

Die übrigen Tafeln des Atlaſſes bilden verſchiedene Eigenthümlichkeiten des Zermattgletſchers, die Verhältniſſe der Schichtung des alten und neuen Schnees vom St. Theodulgletſcher und endlich mehrere andere Gletſcher des Wallis und des Berner-Oberlandes ab.

Später, bei der Beſchreibung der Eigenthümlichkeiten der verſchiedenen Gletſcher, werden wir auf dieſe Tafeln zurückkommen.

Drittes Kapitel.

Struktur der Gletſcher.

Das Gletſchereis hat keine Aehnlichkeit mit dem Eis, welches die Winterkälte auf unſern Gewäſſern hervorbringt; es bildet keine glatte, zuſammenhängende Spiegel-, ſondern eine ungleiche, rauhe und körnige Oberfläche, die man ſehr bequem und ohne Gefahr zu gleiten, beſchreiten kann; vorausgeſetzt, daß der Gletſcher keine Schründe darbietet. Es beruht dieſes eigenthümliche Anſehen auf der Struktur des Gletſchereiſes, welches nicht wie aus einem Guſſe, ſondern aus lauter einzelnen Stücken von etwa $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer beſteht. Die Form dieſer Fragmente iſt durchaus keine regelmäßig kryſtalliniſche, wie man oft, aber mit Unrecht, behauptet hat, ſondern wechſelt in den verſchiedenſten Geſtaltungen *); ihre Flä-

*) Die unzweckmäßige Benennung **Gletſcherkryſtalle**, welche **Hugi** für ſie gewählt, iſt keine der geringſten Gründe, weshalb man, oft ohne Urſache, ſeine Beobachtungen nicht als ganz zuverläſſig gelten laſſen wollte.

chen ſind ſelten glatt, ſondern uneben, runzlich, ſtreifig, und eine unzählige Menge von Haarſpalten durchkreuzen ihre Zuſammenfügungen. Eben ſo wenig iſt ihre Größe konſtant, doch nimmt ihr Volumen ſtets gegen das Thalende des Gletſchers hin zu, ſo daß man dort oft Stücke von drei und mehr Zoll im Durchmeſſer findet; im Aufwärtsſteigen nimmt ihre Größe ſehr allmählich ab, und endlich in einer gewiſſen Höhe geht das Gletſchereis in einen körnigen, feſten Schnee über, welchen die deutſchen Alpenbewohner **Firn**, die franzöſiſchen Névé nennen.

Dieſes den Hochgebirgen eigenthümliche Gebilde hält etwa die Mitte zwiſchen Schnee und Eis; es bildet großentheils wenigſtens die oberflächlichen Schichten der Eismeere und bedeckt die Kuppen unſerer hohen Gebirgsſtöcke. Das Gletſchereis ſelbſt iſt nur eine, durch den Einfluß des Waſſers bedingte Modification dieſes Firnes. Ich erkläre mir dieſen Uebergang auf folgende Weiſe: Wenn auch die mittlere Temperatur der Hochregionen, welche den Firn tragen, im Allgemeinen ſtets unter 0° ſich erhält; ſo übt doch die Sonne in den heißen Sommermonaten einen beträchtlichen Einfluß darauf. Wenn auch dieſer Einfluß weniger in der Schmelzung, als vielmehr in der unmittelbaren Verdunſtung des Firnes beſteht, welche in der trocknen verdünnten Luft der Hochregionen die Schmelzung bei weitem überwiegt, ſo kann es doch erwieſen werden, daß auch ein Theil der Firnmaſſe von der Sonne wirklich in Waſſer aufgelöst wird. Das geſchmolzene Waſſer ſickert nun zwiſchen die körnige Maſſe hinab, verdrängt die im Firn in großer Menge enthaltene Luft

und gefriert am Grunde von neuem, ſowohl durch den Contakt mit der kalten Firnmaſſe als auch durch die Kälte der Nacht. Das gefrierende Waſſer ſetzt ſich natürlich an die Firnkörner wie kryſtalliſirende Maſſen um einen Kern an, vermehrt ſo deren Volum und bildet auf dieſe Weiſe ein anfänglich nur ſehr lockeres Eis, das aber, jemehr es zu Thal hinabſteigt, durch dieſelben Umſtände ſtets an Derbheit und Feſtigkeit gewinnt. Auf dieſe Weiſe erklärt ſich nicht nur die bedeutendere Größe der Eisfragmente in der Thaltiefe im Vergleich zur Höhe, ſondern auch der Umſtand, daß man ſehr oft in jenen Hochregionen Schneemaſſen antrifft, welche auf ihrer Oberfläche noch alle Charaktere des Firnes darbieten, während ſie auf dem Boden ſchon in Eis verwandelt ſind. Hugi ſowohl als Zumſtein führen mehrere hierher gehörende Thatſachen an und ich ſelbſt habe auf dem Aar- und Zermattgletſcher mehrfach dieſe Erſcheinung beobachtet.

Der Firn iſt mithin die erſte Entwickelungsſtufe des Gletſchereiſes. Seine körnige Form ſcheint hauptſächlich durch das wechſelnde Aufthauen und Wiedergefrieren bedingt, (wenn nicht vielleicht der Schnee in jenen Hochregionen eben ſo, wie in den Polarländern, in Geſtalt kleiner Körner herabfällt) und das Waſſer dient gleichſam als Mörtel, welcher dieſe kleinen Schneekörner zu einer kompakteren Maſſe zuſammenbäckt. Wie ich oben angeführt, ſo iſt dieſe körnige Geſtaltung des Firns durchaus als die Grundlage der Eisfragmente oder ſogenannten Kryſtalle des Gletſchereiſes anzuſehen, und alle Gletſcher ohne Ausnahme, ſei die Dichtigkeit ihres Eiſes auch noch

ſo groß, zeigen dieſe fragmentariſche Zuſammenſetzung. Springt ſie nicht ſogleich dem Beobachter in die Augen, ſo genügt die Benetzung des Eiſes mit etwas Säure oder einer gefärbten Flüſſigkeit, um, unter einem leichten Kniſtergeräuſch die Fugen der Fragmente ſich öffnen und ſo ihre Form zu Tage kommen zu ſehen. Die leichteſte und am wenigſten Zurüſtungen erfordernde Art, dieſen Verſuch anzuſtellen, beſteht darin, auf das Eis zu uriniren, und jeder, der den Drang in ſich fühlt, dieſen einfachen Verſuch anzuſtellen, wird ſich von der eigenthümlichen Wirkung deſſelben leicht überzeugen können.

Das Gletſchereis iſt um ſo durchſichtiger, je größer die es zuſammenſetzenden Fragmente ſind; die Flächen der Fugen dieſer ſogenannten Kryſtalle und die in dieſen Fugen enthaltene Luft, bringen durch die verſchiedne Brechung der Lichtſtrahlen die Undurchſichtigkeit hervor; je größer daher dieſe Kryſtalle, deſto weniger Fugen und deſto größere Durchſichtigkeit des Eiſes.

Allein in dieſen Umſtänden liegt auch der Grund, daß die Gletſcher an ihrem Thalende, wo ſie den höchſten Grad der Dichtigkeit erreichen, zugleich am durchſichtigſten ſind. Jedoch erhalten ſich dieſe Dichtigkeit und die Transparenz auf der Oberfläche nur dann, wenn dieſe gegen die atmoſphäriſchen Einflüſſe geſchützt iſt. Durch die Einwirkung von Wind und Wetter, Regen, Wärme u. ſ. w. wird das Eis porös und zerfällt endlich gänzlich; die Fugen löſen ſich und oft genügt an den hervorſtehenden Spitzen und Kämmen, welche die Gletſcher an ihrem Ende zeigen, ein leichter Stoß, um große Eis=

blöcke von der Endmaſſe des Gletſchers abzutrennen, und durch die Gewalt des Sturzes in ihre einzelnen Fragmente zu zerſplittern. Jedes dieſer Fragmente, einzeln unterſucht, iſt vollkommen waſſerklar und durchſichtig, während der Geſammtmaſſe des Blocks dieſe Eigenſchaft abging; ein Beweis für meine oben aufgeſtellte Behauptung, daß nur in der eigenthümlichen Fügung des Gletſchereiſes der Grund ſeiner Undurchſichtigkeit liege.

Schwierig iſt die Erklärung der Entſtehung der Haarſpalten, welche die Fragmente trennen. Doch glaube ich ſie der Zuſammendrückung der Luftblaſen, welche in ſo großer Menge im Firn enthalten ſind, und bei dem Zuſammenfrieren der in Schnee ſich umwandelnden Eismaſſen darin zurückbleiben, zuſchreiben zu müſſen. Da dieſe Vereiſung nur ſehr langſam und allmählig vor ſich geht, ſo entweicht die im Firn eingeſchloſſene Luftmaſſe nur zum Theil, wenn das einſickernde Waſſer ſie verdrängt. Durch das Gefrieren wird dann die Luft in der Firnmaſſe eingeſchloſſen und erſcheint in Form verſchiedenartig geſtalteter Luftblaſen; je mehr aber, bei fortſchreitender Vereiſung des Firnes dieſe Blaſen zuſammengedrückt und bei den mannichfaltigen Temperaturwechſeln ſelbſt ausgedehnt oder durch die Ausdehnung des Eiſes verſchoben und verrückt werden, deſto mehr werden die rundlichen Luftblaſen allmählig in ſpaltenförmige Räume umgewandelt, die ſich mit Waſſer füllen, und deren ſtets erneuerte Bildung noch durch den mannichfaltig verſchiedenen Druck, welchen eine aus ſo ungleichen Fragmenten zuſammengeſetzte Maſſe, wie das Gletſchereis iſt, ausüben muß,

ſehr bedeutend gefördert wird. Sauſſure hat durch Verſuche nachgewieſen, daß Eis, durch Gefrieren eines mit Waſſer getränkten Schnees gebildet, eine große Menge Luftblaſen enthält, und dem aus Firn neugebildeten Gletſchereis ſehr ähnlich iſt. Man ſetze ſolch künſtliches Gletſchereis einem ſo bedeutenden Drucke und ſolchen Bewegungen, wie ſie im Gletſcher ſtatt finden, aus, und alle Bedingungen zur Bildung von Haarſpalten werden vorhangen ſein.

Die Wände der Gletſcherriſſe und Schründe ſind durch ihre vertikale Richtung weit weniger dem Einfluſſe der Atmosphäre ausgeſetzt und deshalb auch weit heller und glätter als die Oberfläche; doch kommen ſie darin noch nicht den Stellen gleich, welche durch Gufferhaufen oder einzelne Felsblöcke vor der zerſtörenden Einwirkung der Atmosphäre geſchützt ſind; hier und beſonders unter den Blockdecken, welche ſo oft das Thalende der Gletſcher bedecken, iſt das Eis meiſt ſo feſt und derb, daß die Ränder der Stücke, in welche man es zerſchlägt, wie Glas ſpröde und ſchneidend ſind.

Aus dem eben Geſagten geht hervor, daß der Firn ſich nur unter Mitwirkung von Waſſer in Eis verwandeln könne, möge dieſes nun aus Schmelzung ſeiner Oberfläche oder von unmittelbaren Niederſchlägen in wäſſeriger Geſtalt aus der Atmosphäre ſeinen Urſprung herleiten. Man hat behauptet, in einer gewiſſen Höhe finde nur Verdunſtung, keine Schmelzung des Eiſes oder Firnes ſtatt. Wäre dieſe Behauptung richtig, ſo könnte man oberhalb einer gewiſſen Grenze auf den Hochfirſten der

Gebirge nur Schnee antreffen und Eis müßte eine dort unbekannte Erſcheinung ſein; — in der That haben auch die meiſten neueren Phyſiker und Meteorologen *), auf Sauſſures Autorität geſtützt, dies als einen Erfahrungsſatz hingeſtellt. Sauſſure ſagt auch wirklich im § 530 ſeines Werkes (Voyages dans les Alpes. Bd. 1. S. 674) ausdrücklich, man finde nur Schnee auf den iſolirten Bergkuppen; er greift ſelbſt die Meinung der Naturforſcher an, welche den Montblanc von einer Eisdecke bekleidet glaubten, und weiter, im Abſchnitt über das Schmelzen des Schnees (Bd. 2. S. 320. § 943) drückt er ſich folgendermaßen aus: „Im Allgemeinen ſchmilzt der eigentliche Schnee auf den Gebirgen, welche eine Höhe von 1500—1600 Toiſen überſchreiten, nicht mehr über einer Linie von 1300 Toiſen.“ Allein als Sauſſure dieſe Anſicht aufſtellte, hatte er die Beſteigung des Montblanc noch nicht ausgeführt. Erſt mehrere Jahre ſpäter veröffentlichte er im 4ten Bande ſeines Werkes den Bericht über ſeine Reiſe. Hätten alle die, welche den erſten Bänden ſo viel Vertrauen ſchenkten, das Buch bis ans Ende geleſen, ſo würden ſie gefunden haben, daß Sauſſure ſelbſt freimüthig ſeinen Irrthum eingeſteht, und ſeine frühere Behauptung zurücknimmt. Er erzählt nämlich im § 1981 (Bd. 4. S. 163) daß, beim Ueberſchreiten des erſten Schneefeldes, welches die

*) S. Friedrich Hoffmann, Physikalische Geographie. Bd. 1. S. 263.
L. F. Kämtz, Lehrbuch d. Meteorologie. Bd. 2. S. 163.

Kuppe des Montblanc umgibt, er ungeheure Eiswürfel (die er Gletſcherkäſe, Séracs, nennt) von zwölf Schuh Durchmeſſer beobachtete, welche vom Dôme du Goûté herabgeſtürzt waren, und deren untere Fläche, womit ſie auf dem Felſen geruht, aus einem durchſcheinenden, weißen, ſehr feſten Eiſe beſtand, welches viele ſehr kleine Luftblaſen enthielt und weit kompakter als das Gletſchereis war. Um alle Urſachen zu Irrungen zu vermeiden, fügt er ſelbſt in einer kleinen Note bei: „Der Anblick dieſes weißen Eiſes, welches ſo ſehr dem Schnee glich, überzeugte mich, daß ich geirrt haben konnte, wenn ich, nach dem Anſehen von der Spitze des Cramont aus ſchließend, behauptet hatte, die Decke des Montblanc und der benachbarten Gipfel ſeien Schnee und kein feſtes Eis.“ Wir werden ſpäter, im Kapitel von der Farbe der Gletſcher, zeigen, wie das Gletſchereis, je mehr es in die Hochregionen zurückſteigt, ſeinen bläulichgrünen Ton mit einer ſchneeweißen Farbe vertauſcht. Zumſtein brachte bei ſeiner zweiten Beſteigung des Monte-Roſa im Jahre 1820 auf einer Höhe von 13,128 F. die Nacht in einer ungeheuren Spalte zu, deren ſehr kompakte Wände im ſchönſten Azurblau ſtrahlten. *) Offenbar aber wäre die Exiſtenz einer Spalte und einer Maſſe dichten Eiſes nicht möglich, wenn nicht zuweilen Waſſer in flüſſigem Zuſtande ſich in jenen Regionen fänden, welche den Firn in Eis verwandelten. Zumſtein erzählt weiter, wie er in einer Höhe von etwa 10,000 Fuß von einem heftigen

*) v. Welden, Monte-Rosa, p 127 ff.

Regenſchauer durchnäßt wurde. Wo es aber regnet, da muß die Sonne auch ſchmelzen können, denn nicht der Mangel der Wärme (die am Tage oft bedeutend genug iſt) ſondern die Dünne und Trockenheit der Luft im Hochgebirge verhindert das Schmelzen des Schnees und bedingt ſeine unmittelbare Verdunſtung.

Ebenſo fand auch Hugi den Hochfirn des Berner-Eismeeres am Fuße des Grünhornes ſo mit Waſſer durchtränkt, daß ſeine Führer bis an die Kniee einſanken. *)

So wenig indeß ohne Zuthun von Waſſer der Firn ſich in Eis verwandeln kann, ebenſo unmöglich iſt die Bildung des Gletſchereiſes aus reinem Waſſer ohne Firnmaſſe. Gerade dieſe verſchiedene Entſtehungsweiſe zeichnet das Gletſchereis ſo ungemein vor gewöhnlichem Eiſe aus. Auffallend zeigt ſich dieſer Unterſchied beſonders an den kleinen Waſſerbächelchen, welche bei Tage auf allen Seiten von dem Gletſcher herabrieſeln. Ueber Nacht erſtarren ſie alle zu Eis; allein es genügt ein Blick, um dieſes von dem Gletſchereis zu unterſcheiden. Auch erweckt die Sonne bald das Leben dieſer kleinen Waſſerſtrömchen und vor Mittag ſchon iſt ihr Eis von neuem geſchmolzen. Man kann daher unmöglich, wie manche Gelehrte gethan, dieſen unbeſtändigen Bächlein einigen Einfluß auf die Bildung der Gletſcher zuſchreiben, oder gar ſie für die Hauptursache ihrer Bewegung anſehen.

Eine andere, von ſeiner beſonderen Bildungsweiſe abhängige Eigenthümlichkeit des Gletſchereiſes iſt ſeine

*) Hugi, l. c. p. 278.

Schichtung. Freilich iſt dieſe Schichtung am Thalende nicht ſehr deutlich, und kaum an der Wölbung der Thore oder in tiefen Schründen bemerkbar. Steigt man aber den Gletſcher hinan, ſo trifft man ſehr oft in der Hochregion Stellen, wo dieſe Zuſammenſetzung aus übereinander gelegten Schichten vollkommen deutlich vor Augen liegt. Zuweilen ſind in den Hochregionen die einzelnen Schichten durch einen dünnen Schneeſtreifen von einander getrennt; die ganze Maſſe des Griesgletſchers zum Beiſpiel iſt aus einer ungemeinen Anzahl ſolcher abwechſelnden, dickeren Eis und dünneren Schneeſchichten zuſammengeſetzt. Sauſſure am Montblanc und Zumſtein am Monte-Roſa haben ebenfalls dieſelbe Erſcheinung der Schichtung beobachtet und die ſenkrechten Wände des St. Theodulgletſchers, da, wo er ſich an den nördlichen Kamm des Matterhorns anlehnt, zeichnen ſich in dieſer Hinſicht ſo ſehr aus, daß ich glaubte ſie Taf. 13 Fig. 1 abbilden laſſen zu müſſen. Die Schichten werden immer dünner nach unten zu und verſchwinden endlich in einer gewiſſen Tiefe gänzlich. Zumſtein beobachtete dies ſehr genau an den Wänden des großen Schrundes, in welchem er bei ſeiner zweiten Beſteigung des Monte-Roſa, im Jahre 1820 übernachtete. Er, wie Sauſſure, halten dieſe Schichten gleichſam für eben ſo viel Jahresniederſchläge, indem ſie glauben eine jede entſpreche der Menge des in einem Jahr gefallenen Schnees. Ohne direkte Beweiſe des Gegentheils zu haben, möchte ich doch dieſer Anſicht nicht unbedingt beiſtimmen; offenbar zwar zeigen die Schichten Temperaturwechſel in den Hochregionen an,

allein es können dieſe mehrfach in demſelben Jahre eintreten, und man hat meines Erachtens viel zu ſchnell, ohne beſtimmte Beweiſe dafür zu haben, dem Jahreswechſel dieſe Schichten zugeſchrieben.

Was die ſchmalen Schneeſtreifen betrifft, die man zuweilen zwiſchen den Eisſchichten findet, ſo habe ich ſie nicht oft genug und nicht in hinlänglicher Ausdehnung unterſuchen können, um eine völlig genügende Erklärung derſelben zu wagen. Doch ſcheinen ſie unzweifelhaft einerſeits von der Menge Schnee, welche in der kalten Jahreszeit fällt und andrerſeits von dem mehr oder minder fühlbaren Temperaturwechſel abzuhängen. Folgt z. B. auf einen ſchneereichen Winter ein kühler Sommer, ſo wird die während des Winters gefallene Schneeſchicht nicht gänzlich durch Schmelzen und Verdunſten zerſtört, und der Winterfroſt des nächſten Jahres wird ſie erhärten; neuer Schnee lagert ſich darauf, und wenn ſich dieſer ſpäter auch in Eis verwandelt, ſo wird doch die alte Schneeſchicht, welche vor dem Eintritt der Kälte nicht mit Waſſer infiltrirt war, als Schnee zwiſchen den Eisſchichten verharren. Eine Stütze für meine Anſicht iſt der Umſtand, daß nur in den Hochregionen, da hauptſächlich wo die Umwandlung des Firnes in Eis Statt findet, dieſe regelmäßig abwechſelnden Eis- und Schneeſchichten ſich finden, nicht aber in dem unteren Theile der Gletſcher.

Indeß darf man mit dieſer Schichtung nicht gewiſſe Streifen verwechſeln, welche man oft an dem Thalende der Gletſcher ſieht. Dieſes ſind meiſtentheils geſchloſſene

Schründe, welche durch irgend einen Umſtand während des Vorrückens des Gletſchers horizontal geworden ſind. Wir haben ſolche Spaltenſtreifen am Vieſchergletſcher beobachtet, worin man noch Stücke von zerbrochenen Eisnadeln ſehen konnte, und es wäre durchaus nicht unmöglich, daß man ſelbſt Sand und andere fremde Körper in ihnen anträfe. *)

Sind die Abhänge, auf welchen der Firn ruht, ſehr ſteil, ſo löſen ſich bisweilen große Maſſen los und ſtürzen plötzlich herab. Sauſſure behauptet, durch das Gewicht der überhängenden Maſſen zerriſſen dieſe Firnſtürze in rechtwinkliche Stücke, deren manche bis 50 Fuß im Geviert halten. Er nennt dieſe Eisblöcke Gletſcherkäſe (Séracs) von einer gewiſſen Art Käſe, welche ihre rechtwinkliche, reguläre Form durch Preſſen in viereckigen Käſten erhalten. Sauſſure hat auf dem Dôme du Goûté dieſe ſonderbare Erſcheinung beobachtet, und ſie ſcheint auch wirklich nur auf dieſen Punkt beſchränkt, da ich ſie nirgends auf den andern Gletſchern des Montblanc, und eben ſo wenig auf denen des Monte-Roſa und des Berner-Oberlandes beobachtet habe. Sauſſure (Voyages dans les Alpes. Bd. 4. S. 159) ſagt: „Man könne auf den Seitenflächen dieſer Gletſcherkäſe die von Jahr zu Jahr angehäuften Schneeſchichten ſehen, wie ſie allmälich, durch Infiltration und Gefrieren des Waſ-

*) Als ich dieſen Sommer (1840) den oberen Grindelwaldgletſcher beſuchte, fand ich wirklich einen Stein von der Größe eines Eies in einer ſolchen horizontalen Spalte.

ſers, welches vom Regen oder der Schmelzung der oberen Schichten herkömmt, aus Schnee in Eis ſich verwandeln," und beſtätigt ſo meine oben ausgeſprochene Anſicht über die Umbildung des Schnees in Eis.

Alles feſte Gletſchereis war ſomit früher Firnmaſſe, und der Firn ſelber ſcheint nur eine durch die eigenthümlichen atmosphäriſchen Verhältniſſe der Hochalpen hervorgebrachte Modifikation des Schnees zu ſein. Die oberflächliche Grenzlinie zwiſchen ihm und dem wahren Gletſcher wird durch den Uebergang der körnigen Maſſen in das herbere Eis bezeichnet. Hugi beſonders hat ſich bemüht, die Höhe dieſer Linie genau im Umfange des Berner-Eismeeres zu beſtimmen, und ſelbſt vorgeſchlagen, durch ſie die Grenzlinie des ewigen Schnees (die Schneelinie) zu erſetzen, welche in der That, ſo mannichfaltig man ſie auch zur Aufſtellung der verſchiedenſten Theorien benutzt hat, durchaus keine feſte Grenze hat und nicht nur je nach Lage und lokalen Verhältniſſen, ſondern auch an denſelben Orten je nach der Witterung einzelner Jahre im Bereiche von mehreren tauſend Fuß hin und herſchwankt. Hugi täuſcht ſich aber, wenn er behauptet, die Firnlinie ſei keinem Schwanken unterworfen und erhalte ſich unabhängig von der Lage der Gletſcher und dem Einfluß der Jahreszeiten und Witterungswechſel in derſelben Höhe. Ich habe freilich nicht viele Gletſcher des Berner-Oberlandes in dieſer Rückſicht unterſucht; allein auf den Gletſchern des Monte-Roſa traf ich bei 10,000 Fuß Höhe noch keinen Firn; der St. Theodulgletſcher iſt compaktes Eis bis zum Fuße des Matterhornes; der große Zermatt-

gletſcher zeigt bei 8000 Fuß noch keinen Firn, und es kann mithin Hugi's Beſtimmung der Firnlinie des Berner-Oberlandes, für welche er 7600—7800 Fuß annimmt, und welche er in den penniniſchen Alpen kaum um 100 F. höher anſetzen will, keine allgemeine Gültigkeit haben. Zudem beweiſen die oben angeführten Beobachtungen von Sauſſure und Zumſtein, an den Kuppen des Montblanc und Monte-Roſa, daß noch hoch über der Hugiſchen Firnlinie ſich wirkliches Eis bildet.

Der Uebergang des Firnes in Gletſchereis geſchieht nur allmählich und hängt ſehr oft von der Lage des Gletſchers, der Schnelligkeit ſeines Laufes und vielen andern Umſtänden ab. Deſor *) hat als einen Haltpunkt einer ſicheren Beſtimmung der Gränzlinie beider Gebilde das Verhältniß der Moränen zu dem Gletſcher vorgeſchlagen. Da nur das feſtere Gletſchereis, nicht aber der lockere Firn Steinblöcke von einem gewiſſen Gewichte zu tragen und über ſeiner Oberfläche zu erhalten vermag, ſo iſt in der That die Erhebung der Gufferlinien über die Gletſcherfläche ein ſicheres Zeichen, daß man nicht mehr Firn, ſondern wahres Gletſchereis vor ſich habe; bei jedem Gletſcher aber wird dieſe Erſcheinung, je nach ſeinen Lokalverhältniſſen, bei einer ihm eigenthümlichen Höhe eintreten.

---

*) Bibliothèque universelle de Genève. 1840. Heft 53 u. 54.

Viertes Kapitel.

Ausſehen der Gletſcher.

Der Eindruck, welchen der erſte Anblick der Eismaſſen, welche die Gletſcher bilden, auf einen Jeden macht, iſt der einer impoſanten Ruhe und erſt durch längere und öfter wiederholte Beſuche überzeugt man ſich von der ungemeinen Veränderlichkeit ihrer Oberfläche. Oft erkennt man nach einigen Jahren denſelben Gletſcher nicht wieder den man früher bewanderte; wo man vorher Bächlein rieſeln oder tiefe Trichter und Waſſerbecken ſah, erblickt man heute ebene Flächen; große Blöcke, die früher in die Augen fielen, ſind heute verſchwunden; wo früher Spalten den Uebergang kaum möglich machten, tritt heute der Fuß mit Sicherheit auf; kurz, alles hat geändert und keine Anhaltspunkte bieten ſich mehr für frühere Erinnerungen, ſo ſehr auch Alles das Gepräge der Feſtigkeit und Unveränderlichkeit trägt. Oft genügt ein Jahr oder nur wenige Monate ſolche Veränderungen hervorzubringen; die

Aelpler wiſſen eine Menge der intereſſanteſten Fälle dieſer Art zu berichten; die Führer in jenen Regionen müſſen ihnen längſt bekannte Gletſcher jedes Jahr aufs neue unterſuchen, und wir werden im Folgenden auseinanderſetzen, wie nicht nur der Wechſel der Jahreszeiten, ſondern ſelbſt der Tageszeiten den mächtigſten Einfluß auf die Beſchaffenheit der Oberfläche ausübt. Es hängt dieſe Veränderlichkeit theils von der verſchiedenen Beſchaffenheit des Gletſchereiſes in verſchiedenen Regionen deſſelben Gletſchers, theils von den atmosphäriſchen Einflüſſen ab. Die Oberfläche der Firnregion, dieſer körnigen, unzuſammenhängenden Decke, muß ein anderes Anſehen darbieten, als die des feſten Gletſchereiſes in größerer Tiefe, und Regen, Schnee, wie Temperaturwechſel, müſſen auf beide einen individuell verſchiedenen Einfluß ausüben, der um ſo größer ſein wird, je ſchneller und bedeutender der Wechſel aller dieſer Agentien einwirkt.

Der Schnee bildet einen Hauptgrund des veränderlichen Ausſehens der Gletſcheroberfläche. Es genügt daß ein mit Waſſerdampf geſättigter Wind in einer Nacht, deren Temperatur unter 0° geſunken iſt, über den Gletſcher ſtreiche, um Morgens eine Schneedecke über dem Gletſchereis zu finden. In den unteren Regionen ſchmilzt dieſer Schnee bald; höher hinauf aber widerſteht er hartnäckiger und ſchmilzt oft auf ſo ungleiche Weiſe, daß ſtellenweiſe er gänzlich verſchwunden iſt, während anderwärts breite große Schneeſtreifen die Oberfläche durchziehen, was ein ganz eigenthümliches Auſehen gewährt. Im Auguſt 1839 fiel uns der St. Theodulgletſcher am Fuße

des Matterhorns beſonders durch dieſe ſo ſonderbare Erſcheinung auf (Taf. 13 Fig. 2).

Die Oberfläche der Gletſcher iſt nie gleichförmig horizontal, ſondern mehr oder weniger gewölbt und nach den Seiten hin abſchüſſig gegen die ſie einſchließenden Thalwände. Dieſe Neigung ihrer Seiten wird ganz einfach durch die ſtarke Reflexion der Wärmeſtrahlen an den Felswänden erklärlich. Je ſchmaler der Gletſcher, deſto abſchüſſiger die Seiten; die Wölbung mehrerer ſogar bildet faſt einen Spitzbogen. Gewinnt der Gletſcher eine gewiſſe Breite, ſo verwiſcht ſich dieſe Neigung der Seiten mehr oder weniger; jedoch iſt ſie ſtets vorhanden, und manche große Gletſcher, welche von oben herab geſehen, vollkommen eben erſcheinen, bieten, wie der Zermattgletſcher z. B., beim Ueberſchreiten eine ermüdende ſeitliche Neigung dar.

Nicht geringeren Einfluß auf dieſe Neigung übt die größere oder geringere Steilheit der Thalwände, die Beſchaffenheit und Farbe ihres Geſteines und vor allen die Richtung des Thales aus. Läuft dieſe von Süden nach Norden oder umgekehrt, ſo wird die Wölbung auf beiden Seiten des Gletſchers beinahe gleich ſein; anders hingegen verhält ſich die Sache, wenn das Thal von Weſten nach Oſten oder umgekehrt ſtreicht. Die nördliche Thalwand, den ganzen Tag über von der Sonne beſchienen, reflektirt dann die Wärmeſtrahlen mit ungleich größerer Wirkung auf den Gletſcher und die entſprechende Seite deſſelben erhält einen ſtarken Fall; ja zuweilen zieht ſie ſich ſo weit von der Thalwand zurück, daß große leere

Strecken ſich bilden, welche meiſt von friſchem Schnee erfüllt werden. Auf der Südſeite hingegen iſt dann dieſe Neigung kaum merkbar, da die Thalwand hier den Gletſcher ſelbſt vor dem direkten Einfluſſe der Sonnenſtrahlen ſchützt. Mächtige Gufferlinien üben oft einen ganz ähnlichen Einfluß, und auf dem Unteraargletſcher ſieht man ſchlagende Beweiſe dieſes Verhältniſſes an vielen Orten, wo die Eismaſſen ſtark gegen die Mittelmoräne hin geneigt ſind. Es iſt erſichtlich, daß eine Menge lokaler Verhältniſſe bei einzelnen Gletſchern ſelbſt ſcheinbare Ausnahmen von dieſer Regel bedingen können, welche man aber überall beſtätigt finden wird, wo nicht mächtige anderweitige Einflüſſe die durch ſie bedingten Verhältniſſe zu nichte machen.

In dem Kapitel über die Struktur der Gletſcher habe ich ſchon erwähnt, daß die Oberfläche derſelben, die Feſtigkeit ihres Eiſes im Innern möge ſo groß ſein als ſie wolle, ſtets uneben, rauh und holperig ſei, ſo daß man ohne alle Gefahr den Gletſcher nach allen Richtungen durchwandern könne, wo nicht Schründe und Spalten ſich entgegenſetzen. Das Eis bietet nur dann eine glatte Spiegelfläche dar, wenn es durch Gufferlinien oder große Blöcke vor dem Einfluſſe der Atmosphäre geſchützt iſt; denn die Rauhigkeit der Oberfläche hängt nur von der Verdunſtung und Abſchmelzung der ungeſchützten Oberfläche ab, wodurch die Fugen der einzelnen Fragmente oder ſogenannten Kryſtalle gelöst, aufgelockert und dadurch dieſe ſelbſt hervorgehoben werden. Der Unteraargletſcher, der einen verhältnißmäßig nur geringen Fall

beſitzt, hat ſo wenig Spalten und iſt ſo wegbar, daß Hugi die Strecke bis zu ſeiner Hütte (3 Stunden) ſogar zu Pferde zurücklegen konnte.

Alle Gletſcher ſind zwar auf dieſelbe Weiſe und unter den gleichen Einflüſſen gebildet; dennoch aber bietet Jeder ein ihm eigenthümliches Anſehen dar, welches großentheils von der Geſtaltung und der Häufigkeit ihrer Schründe, der Form ihrer Nadeln und der Anordnung ihrer Moränen, ſo wie vielen andern lokalen Verhältniſſen, die keinen minderen Einfluß üben, abhängt.

Viele Gletſcher (die von Roſenlaui und Thours z. B.) zeichnen ſich durch die blendende Weiße ihrer Oberfläche aus, welche das reine Eis faſt ohne Spur von Bedeckung durch Sand oder Schmutz darbietet; andere (Unteraar-, unterer Grindelwald- und Zmuttgletſcher) ſind dergeſtalt von Erd- und Schuttmaſſen bedeckt, daß man ſie auf weite Strecken hin bewandern kann, ohne zu bemerken, daß Eis und nicht felſigter Grund den Boden bilde, den der Fuß betritt. Viele ſind ſo zerklüftet, daß ihre ganze Oberfläche faſt nur gähnende Schründe und ungeheure Spalten darbietet; viele ſtarren von zackigen Eisnadeln (Vieſchgletſcher); andere bieten, zum größten Theil wenigſtens, eine faſt ebene Oberfläche dar.

Alle dieſe verſchiedenen Phyſiognomien der Gletſcher ſind zwar allgemeinen Geſetzen unterworfen, welche ſich mehr oder weniger überall nachweiſen laſſen; doch iſt es intereſſant, die verſchiedenen Verhältniſſe zu unterſuchen, nach welchen dieſe Geſetze ſich in den einzelnen Gegenden durch lokale Einflüſſe modificiren.

Die zuſammengeſetzten Gletſcher bieten für dieſe Studien die fruchtbarſten Anhaltpunkte dar, da jeder der einzelnen Zuflüſſe noch lange Zeit nach der Vereinigung ſeinen eigenthümlichen Charakter beibehält, vorausgeſetzt, daß die Thalneigung des gemeinſchaftlichen Gletſcherbettes nicht zu bedeutend ſei. Ohne Zweifel iſt der große Zermattgletſcher einer der intereſſanteſten in dieſer Hinſicht, da er aus nicht weniger als acht Gletſchern der Monte-Roſakette gebildet iſt, die alle in einem gemeinſchaftlichen Bette ſich vereinigen. Von der Höhe des Riffels (dem Standpunkte, von welchem aus das Panorama Tafel 1 und 2 aufgenommen wurde) aus geſehen, gewahrt man auf dieſem majeſtätiſchen Eisſtrome mehrere parallele Gufferlinien, welche die Grenzen der verſchiedenen Gletſcher andeuten, und ſchon aus weiter Entfernung unterſcheidet man die eigenthümlichen Charaktere, die einen jeden dieſer Zuflüſſe auszeichnen. Die Verſchmelzung dieſer verſchiedenen Eismaſſen zu einem gleichförmigen Ganzen hängt weniger von der Länge des Laufes als den Bodenverhältniſſen ab. In einem ſtark geneigten Thale erhalten zwei vereinigte Gletſcher ihre Individualität nicht lange, ſie verſchmelzen bald zu einem Ganzen, wie die verſchiedenen Gewäſſer zweier Ströme, welche in einem Waſſerfalle zuſammen ſtürzen. Iſt aber die Thalneigung gering, das Bette ausgedehnt, ſo tritt das umgekehrte Verhältniß ein und die Individualität der einzelnen Zuflüſſe erhält ſich auf lange Strecken hin.

Um den Zermattgletſcher, der vom Weißthor bis zum Fuße der Fürkefflue, wo der letzte Zufluß in ihn mündet, nur

eine ſehr ſchwache Neigung hat, näher in dieſer Rückſicht zu unterſuchen, durchwanderte ich ihn mit meinem Reiſegefährten in ſchiefer Richtung, indem wir vom Riffel aus unſern Weg nach dem Fuße der Monte-Roſakuppe einſchlugen. Der Weißthorgletſcher bildet den äußerſten Seitenſtrom zur Rechten. Seine Flanke iſt mäßig geneigt, aber ſchwer zu erſteigen, da die ſchmale Sanddecke ſie nur wenig bedeckt. Seine Oberfläche iſt von der ſeines Nachbars, des Gornergletſchers, durchaus verſchieden, obgleich der Punkt ihrer Vereinigung mehr als zwei Stunden von uns entfernt war. Der weit breitere Weißthorgletſcher iſt ſehr zerklüftet, ſeine Spalten weit häufiger als die des Gornergletſchers und ſeine Oberfläche ſo mit Sand bedeckt, daß ſie faſt ſchwarz erſcheint. Der Gornergletſcher hingegen trägt eine Menge Tiſche, aus breiten Platten eines ſchiefrigen Serpentins gebildet, die dem vorigen durchaus abgehen; außerdem bemerkten wir auf ihm eine Menge von Löchern im Eis, welche mit Waſſer erfüllt waren. Auffallend war uns die Erſcheinung, daß dieſes Waſſer eine große Verſchiedenheit in ſeiner Temperatur zeigte, die zwiſchen $+ 1\frac{1}{2}^\circ$ C. und $+ \frac{1}{2}^\circ$ C. wechſelte; wir entdeckten indeß bald den Grund. Der Boden vieler dieſer Löcher war nämlich mit Sand bedeckt; die Temperatur des in ihnen enthaltenen Waſſers war weit höher als da, wo das Eis unmittelbar den Grund des Loches bildete. Auf einem dieſer Waſſerbecken fand mein Freund Deſor eine Menge kleiner Inſekten, welche wahrſcheinlich dem Genus Podura *) angehörten.

*) Auf unſerer diesjährigen Gletſcherreiſe haben wir daſſelbe

Der Nachbar des Gornergletſchers, welcher dem Monte-Roſa ſeinen Urſprung entnimmt, zeichnet ſich durch ſeine blendende Weiße und eine eigenthümliche Bildung großer Höhlungen aus, die, ſchon vom Riffel aus ſichtbar, unſere Wißbegierde in hohem Grade angeregt hatten. Auf einer weiten, vom Fuße des Monte-Roſa bis unter den Fuß des Riffel ſich erſtreckenden Linie zeigen ſich eine Reihe ungeheurer Trichter, manchmal von 30 Fuß im Durchmeſſer, deren einige, mit Waſſer erfüllt, im ſchönſten Azurblau ſtrahlen. Die meiſten ſind leer und bieten ſo runde Schlünde dar, durch deren untere Oeffnung bald kleinere, bald ziemlich bedeutende Bäche einen Weg in das Innere des Gletſchers ſich bahnen. Ohne Zweifel verdanken dieſe Trichter ihren Urſprung den kleinen Bächlein, von welchen die Oberfläche des Monte-Roſagletſchers in ungleich größerer Menge, als alle andern mir bekannten Gletſcher durchfurcht wird. Die mir wahrſcheinlichſte Erklärung der Entſtehung dieſer Trichter, welche den Monte-Roſagletſcher ſo ſehr vor allen auszeichnen, iſt folgende: Die Oberfläche des Gletſchers iſt kaum geneigt und ſo eben, daß das auf ſeiner reinen Oberfläche überall rie-

Inſekt in zahlloſen Mengen auf dem Unteraargletſcher geſammelt. Es lebt auf dem Waſſerbecken, ſo wie in dem Eiſe ſelbſt, hüpft mit großer Schnelligkeit in den Zwiſchenräumen der Gletſcherfragmente umher, und dringt ſo ſelbſt bis zu einem halben Fuß Tiefe und mehr in das Eis ein. Eine ſorgfältige Unterſuchung konnte noch nicht angeſtellt werden; doch ſcheint es die Podura nivalis de Geer oder wenigſtens ihr nahe verwandt zu ſein.

felnde Waſſer einen nur ſehr unbedeutenden Fall hat. Die meiſten der Bächlein ſchwemmen kleine Anhäufungen von Sand und Erde an. Als undurchſichtige Körper, welche, der Sonne ausgeſetzt, ſich weit ſtärker erhitzen, als das ſie umgebende Eis, bedingen dieſe Sandanhäufungen durch Schmelzen des Eiſes eine kleine Vertiefung. Das Waſſer ſammelt ſich darin an und ſchwemmt immer mehr Sand in die kleine Höhlung. Wie unſere oben angeführten Meſſungen beweiſen, erhitzt ſich das Waſſer in dieſen, mit Sand bekleideten Löchern weit bedeutender, als zwiſchen Wänden, von reinem Eis gebildet. So vergrößert ſich der Trichter immer mehr und mehr im Umfang wie in der Tiefe. Allmählig aber findet das Waſſer eine Spalte, einen Ausweg nach unten in die Maſſe des Gletſchers und fließt dahin ab, ſo daß dann der leere Trichter übrig bleibt, deſſen Form ſtets durch die von allen Seiten in ihn ſich hineinſtürzenden Waſſerrieſel erhalten wird. Die ungemeine Größe dieſer Becken, die prachtvolle Bläue ihrer Wände zeichnet den Monte-Roſagletſcher vor allen andern aus, und ſchon aus weiter Ferne feſſelt der Anblick dieſer ungeheuren Waſſerbehälter das Auge des Wanderers.

Die Unbeſtändigkeit dieſer Trichter, ihre Veränderlichkeit je nach der Witterung des Jahres, wie die dortigen Führer behaupten, ſcheint mir ſehr für die Wahrſcheinlichkeit dieſer Erklärung zu ſprechen. Warum ſie nur auf dem Gletſcher des Monte-Roſa ſich zeigen? Ich wage nicht, dieſe Frage zu löſen, doch glaube ich, hängt es großentheils von der eigenthümlichen Lage des Gletſchers

ab. Eingeſchloſſen auf beiden Seiten von beträchtlichen Eismaſſen, nur unmerklich geneigt, kann der Gletſcher nur wenige Spalten haben, da dieſe, wie wir ſpäter zeigen werden, mehr auf den Seiten der Gletſcher ſich öffnen, und nur bei ſtarker Neigung in großer Menge erſcheinen. So fehlen dem Waſſer die Abflüſſe und es muß ſich ſelbſt, auf eigene Weiſe, gleichſam Löcher in ſeinen Boden graben, um einen Abfluß zu finden, was um ſo leichter iſt, da in jener Höhe das Eis noch nicht jene Derbheit und Feſtigkeit hat, die es ſpäter erlangt. Der Weißthorgletſcher hat auch einige Trichter, welche aber weit kleiner und weniger zahlreich als die des Monte-Roſagletſchers ſind. Auf unſerm Panorama ſcheinen ſie bedeutender, da ſie unſerm Standpunkte weit mehr genähert waren.

Auf dem Unteraargletſcher habe ich ähnliche Erſcheinungen beobachtet. Da indeſſen ſein Fall weit bedeutender und mithin die Zahl ſeiner Spalten weit beträchtlicher iſt, ſo werden ſelten von den, durch den Regen oder das Schmelzen geſchwellten Gletſcherbächen ſolche rieſige Becken gebildet, da das Waſſer bald quere Spalten findet, durch welche es, prachtvolle Fälle bildend, ſich in das Innere des Gletſchers einen Ausweg bahnt.

Fünftes Kapitel.

Farbe der Gletſcher.

Alle Gletſcher haben, aus der Ferne geſehen, eine leicht ins Bläuliche oder Grünliche ſpielende Färbung, welche aufs Angenehmſte von der meiſt dunklen Farbe der alpiniſchen Geſteine abſticht. Keiner iſt völlig weiß. Die Farbe der Nadeln und Spaltenwände iſt ſtets weit dunkler als die der Oberfläche. Je zerriſſener deshalb der Gletſcher, deſto mannichfaltiger das Farbenſpiel, welches ihn ſchmückt. Der Roſenlauigletſcher von Meyringen aus, und der Glacier du Tours in der Nähe des Col de Balme, gehören unter die bemerkenswertheſten in dieſer Hinſicht, da ihr Fall ſehr ſteil und die Menge ihrer Spalten und Eisnadeln ſehr bedeutend iſt.

Die ſpaltenloſe Oberfläche der Gletſcher dagegen bietet da, wo ſie ohne Bedeckung durch Gufferhaufen frei den atmosphäriſchen Einflüſſen ausgeſetzt iſt, daſſelbe matte Weiß dar, welches ſeit längerer Zeit gefallener Schnee zeigt. Vollkommen durchſichtig und klar dagegen erſcheint

das Eis da, wo es von Guffermaſſen oder Blöcken bedeckt iſt und namentlich an dem untern Theile der Gletſcher, wo das Eis weit derber und feſter iſt, und oft eine ſo dunkle Tinte annimmt, wie Spiegelglas auf undurchſichtigem Grunde.

Mit der Feſtigkeit und Sprödigkeit des Eiſes nimmt die azurblaue Tinte der Spalten in gleichem Maße zu; je weiter nach dem Thalende des Gletſchers hin die Schründe ſich finden, deſto prachtvoller iſt der Anblick den ſie gewähren. Wer im Jahre 1839 den Roſenlauigletſcher beſuchte, hat gewiß nicht verſäumt in eine Längsſpalte, welche ſich auf der rechten Seite des Gletſchers geöffnet hatte, einzutreten, und dort an dem wundervollen Azur ſich zu weiden, welches die Wände dieſes Eispallaſtes ſchmückte. *) Die azurblaue Farbe wird auffallend erhöht durch die Infiltration des Waſſers, welches längs den Wänden der Schründe und Rinnen hinabträufelt, da es die Oberfläche ebnet und durch ſein Eindringen und Gefrieren die Derbheit des Eiſes erhöht.

Verfolgt man den Gletſcher bergaufwärts, ſo verliert das Blau allmählich, mit Abnahme der Feſtigkeit des Eiſes, an Tiefe und Sättigung; es wird mehr und mehr matt und wandelt ſich oft in ein zartes Grün von ſelt-

*) Es ſcheint, als erneue ſich dieſer Schrund ſtets an demſelben Orte. Ich habe ihn in dieſem Jahre ganz ſo wiedergefunden, wie ich ihn im vorigen Jahre geſehen, und man verſicherte mir, ſeit mehreren Jahren ſchon habe er faſt dieſelbe Geſtalt.

ner Schönheit um. Das Bett der Bäche, welche die Oberfläche der Gletſcher durchfurchen, nimmt beſonders gern dieſe eigenthümliche Färbung an. Auf dem großen Zermattgletſcher ſticht das Beryllgrüne Bett der oft ſehr bedeutenden Bäche auf das Herrlichſte gegen das tiefe Azurblau der Spalten ab. Vielleicht, daß das Waſſer, welches dieſe Bäche führen, einen eigenthümlichen Einfluß zur Hervorbringung dieſer Farbe ausübt. Sauſſure wenigſtens fand ebenfalls das Bett der Bäche des Léchaud-gletſchers im zarteſten Meergrün ſpielen, während er bei den Spalten dieſer Farbe nicht Erwähnung thut.

Immer gehört indeß zur Hervorbringung dieſer Färbungen, mögen ſie nun ins Blaue oder Grüne ſpielen, ein gewiſſer Grad von Feſtigkeit des Eiſes; der körnige Firn zeigt ſie nie, ſondern iſt ſtets weiß, wie friſchgefallener Schnee.

Die Urſache dieſer Färbungen iſt noch völlig unbekannt; ja, meines Wiſſens hat man noch gar keine wiſſenſchaftlichen Unterſuchungen darüber angeſtellt.

Empfindſame Touriſten und andere Wanderer zum Vergnügen haben freilich die poetiſche Hypotheſe aufgeſtellt, es ſei dieſe blaue Farbe der Gletſcher nur der Reflex der Bläue des Himmels. Es war leicht für dieſe Herren, welche nur bei ſchönem Wetter die Gletſcher beſuchten, ſolche Gründe zu erfinden; wer aber bei bedecktem Himmel, bei Regen und Wolken die Gletſcher ebenſogut geſehen hat, als bei heiterer Himmelsbläue, der wird bei hellen Tagen die Farbe nur etwas glänzender, als bei bedecktem Himmel, ſonſt aber von derſelben Intenſität erblickt

haben. Und dann die grüne Farbe? Sollte die auch der Wiederſchein des Himmelblau ſein?

Die Farbe der Gletſcher ſcheint demnach eine Eigenthümlichkeit des ſie bildenden Eiſes und nicht von äußeren Verhältniſſen abhängig zu ſein; je dichter die Eismaſſen, in je größeren Mengen ſie angehäuft ſind, deſto intenſiver die Farbe; ja die Anhäufung des Eiſes iſt eine nothwendige Bedingung zu ihrem Erſcheinen; denn ein Stück, welches im Ganzen das ſchönſte Azurblau darbot, erſcheint losgeſchlagen eben ſo klar und durchſichtig, als ein Glas Waſſer, aus einem See geſchöpft, deſſen Waſſer durch ſein dunkles Meergrün, wie viele unſerer Alpenſeen, ſich auszeichnet.

Offenbar indeß erleiden dieſe Gletſcherfärbungen, wenn auch in der eigenthümlichen Natur des ſie darbietenden Eiſes begründet, durch lokale Verhältniſſe die mannichfaltigſten Modificationen; denn, ſtatt überall gleichförmig zu ſein, wechſeln ſie eben ſo ſehr als die verſchiedenen Tinten der Seen, Ströme und Flüſſe, und erweiſen ſich dadurch um ſo mehr als eine individuelle Eigenthümlichkeit, da bei den Gletſchern nicht, wie bei den Gewäſſern, den Pflanzen der Ufer, der Beſchaffenheit des Bodens, und vielen andern Nebenumſtänden ein Antheil an dieſer Erſcheinung zugeſchrieben werden kann, denn die Gletſcher ſchließen im Allgemeinen die Entwickelung thieriſcher und pflanzlicher Organismen aus, einige wenige mikroskopiſche Pflanzen und Thierformen ausgenommen, welche den rothen Schnee bedingen.

Der rothe Schnee iſt zwar eigentlich ein fremder Körper, der ſich auf dem Gletſcher bildet und in keinem näheren Verhältniß zu ihm ſteht als die Thiere und Pflanzen zu dem Boden auf welchem ſie ſich entwickeln; da aber die Naturforſcher ſtets von ihm, als einer der merkwürdigſten Erſcheinungen der Gletſcherregion gehandelt haben, ſo ſehe ich mich genöthigt, etwas näher über ihn einzutreten.

Sauſſure *) war meines Wiſſens der Erſte, welcher den rothen Schnee in den Alpen auffand; er ſah ihn mehrmals am Mont-Bréven und dem St. Bernhard und ſeine Unterſuchungen führten ihn zu dem Schluſſe, er möge ein vegetabiliſcher Stoff, wahrſcheinlich Blüthenſtaub, ſein. Nach ihm findet er ſich nicht über einer abſoluten Höhe von 1440 Toiſen und nur in Mitte großer Schneefelder, in einer gewiſſen Periode ihrer Schmelzung.

Seither iſt der rothe Schnee der Gegenſtand vielfältig wiederholter Unterſuchungen geworden; keiner aber hat ihn ſo ſorgfältig ſtudirt als Shuttleworth **) und da ſeine Arbeit eben ſo viel Neues als Intereſſantes darbietet, ſo beeile ich mich, durch einen Auszug ſeines Aufſatzes den Mangel eigener Unterſuchungen zu ergänzen.

Nach einer geſchichtlichen Ueberſicht des vor ihm Geleiſteten, gibt Shuttleworth folgenden Bericht über das von ihm Geſehene:

---

*) De Saussure Voyages dans les Alpes. § 646 u. 2116.

**) Bibliothèque universelle de Genève. N. 50. Février. 1840.

Am 25. Auguſt 1839 befand ich mich auf der Grimſel, als man mir berichtete, daß einige Stellen Schnee in der Nähe des Hauſes ſich zu röthen begonnen. Es waren einige Tage ſchlechten Wetters vorhergegangen, und viel Schnee gefallen, der indeß ſchon unter dem Einfluſſe größerer Wärme und warmen Regens zu ſchmelzen begann. Am 24. war Thauwetter und Nebel, am 25. der Himmel ſchön hell, die Luft warm und der ſchwache Wind, der herrſchte, durchaus nicht kalt. Ich begab mich in Begleitung meines Freundes des Dr. Schmidt und der ausgezeichneten Naturforſcher Mühlenbeck, Schimper, Bruch und Blind, deren Ankunft mich ſehr angenehm überraſcht hatte, ſogleich an Ort und Stelle.

Der rothe Schnee begann ſich eben an ſolchen Stellen zu bilden, wo der Schnee nie vollſtändig ſchmilzt. Die Schneeſchichten waren wenig geneigt, und nach Nord-Oſt und Oſt ausgeſetzt. Ihre Oberfläche war hie und da durch Erdtheilchen beſchmutzt, ſtreifig und leicht ausgehöhlt durch die Winde und theilweiſes Aufthauen, welches beſonders durch dieſe Bedeckung mit Erde begünſtigt wurde. Hie und da ſah man roſenfarbige oder blaß blutfarbige Flecken von unbeſtimmter Geſtalt und Größe, beſonders in den Streifen und Löchern der Oberfläche. Die rothe färbende Maſſe lag in den Zwiſchenräumen der Körner, woraus dieſer, wie aller alter Schnee, zuſammengeſetzt war, deshalb erſchien die Oberfläche etwas marmorirt. Die gefärbten Flecken drangen bis zu einigen Zollen, zuweilen ſelbſt bis zu einem Fuß Tiefe in den Schnee ein; die Färbung war bald an der Oberfläche, bald in der Tiefe von einigen

Zollen intenſiver. Wo Steine oder Felsſtücke Löcher im Schnee bedingt hatten, da waren die ſenkrechten Wände dieſer Löcher bis auf mehrere Fuß Tiefe ebenfalls gefärbt; aber der färbende Stoff drang nur ſehr wenig in den Schnee ein, der mit zunehmender Tiefe immer dichter und compakter wurde.

Eine hinreichende Menge des gefärbten Schnees wurde in Porzellangefäßen aufgethaut. Während dieſes Prozeſſes, der meiner Ungeduld viel zu lange dauerte, ſetzte ſich der färbende Stoff nach und nach in Form eines dunkelrothen Pulvers auf dem Grund und den Wänden des Gefäßes ab, was ſchon die Exiſtenz eines gelatinöſen Stoffes unwahrſcheinlich machte, und nach dreiſtündigem Warten konnte ich endlich den zum Theil geſchmolzenen Schnee unter einer Vergrößerung von 300 Dchm. unterſuchen.

Ich erwartete unbelebte Protococcuskugeln zu finden. Wer beſchreibt mein Erſtaunen als ich die verſchiedenſten Geſtaltungen und Formen vor mir erblickte, theils Pflanzen, theils Thiere in lebhafteſter Bewegung! Größtentheils waren ſie ſchön hellroth, bald mit einem Stich ins Karmin oder Blutroth, oder aber dunkel braunroth gefärbt und faſt undurchſichtig. Außer den gefärbten Formen aber fanden ſich andere, ungefärbte oder grauliche Geſtalten, von denen einige, die Größeren, welche offenbar thieriſcher Natur waren, ſich ſo ſelten fanden, daß ich ihre Anweſenheit nur für zufällig hielt, während eine unendliche Menge kleiner ungefärbter Kugeln, die alle Zwiſchenräume erfüllten, offenbar dem Pflanzenreich angehörten.

Die Infuſionsthierchen übertrafen an Zahl bei Weitem die Pflanzenformen; billiger Weiſe fange ich deshalb mit ihnen an.

1. Die auffallendſten Körper, welche durch ihre große Zahl und dunkle Farbe eine Haupturſache der rothen Färbung abgaben, waren kleine ovale, faſt undurchſichtige Infuſorien von dunkelbraunrother Farbe. Ihr größter Durchmeſſer war etwa $^1/_{50}$, ihr kleinſter $^1/_{150}$ Millimeter. Sie durchkreuzten das Geſichtsfeld mit großer Schnelligkeit nach allen Richtungen. Obgleich die meiſten vollkommen eirund waren, ſo hatten doch viele die Form einer Birne, indem das eine Ende ſtumpf und abgerundet, das andere dünner, ſpitz und, wie es ſchien, ſchief abgeſtutzt war. Die erſteren bewegten ſich horizontal vorwärts, die letzteren hielten oft mitten in ihrem Laufe an und drehten ſich auf dem ſpitzen Ende mit großer Schnelligkeit, ohne den Platz zu ändern. In einigen ovalen ſah ich, gegen ein Ende oder die Mitte hin, zwei hellere und faſt durchſichtige Flecke, die ich, nach Ehrenberg, für Magenblaſen hielt. Andere Spuren von Organiſation konnte ich nicht wahrnehmen, und bei Vergleichung des Ehrenbergſchen Werkes, welche erſt nach meiner Rückkehr möglich war, konnte ich keinen Zweifel hegen, daß dies Infuſorium eine neue Art der Gattung Astasia bilde, für welche ich den Namen Astasia nivalis vorſchlage. (Vgl. Ehrenberg, Infuſ. S. 101. Taf. 7. Fig. 1.)

2. In ſehr geringer Zahl fanden ſich unter dieſen Infuſorien ovale oder runde Körper von weit bedeutenderer Größe, ſchön blutrother, ins Karmin ſpielender Farbe,

ziemlich durchſichtig und von einem hellen, ungefärbten Ringe umgeben. Ihre Größe ſchwankte zwiſchen $^1/_{12}$ und $^1/_{50}$ Millimeter. Keine Spur von Bewegung oder innerer Organiſation konnte ich wahrnehmen. Ich betrachte ſie indeß dennoch als Thiere und zwar als eine neue Art der von Bory und Ehrenberg aufgeſtellten Gattung Gyges aus der Familie der **Volvocina** (Vgl. Ehrenberg l. c. S. 51. Taf. 2. Fig. 3.), welche ich **Gyges sanguineus** nenne. Wahrſcheinlich hatte Greville ähnliche, vielleicht dieſelben Infuſorien zur Unterſuchung vor ſich; er hat ſie Tafel 231. Figur 8., z. Th. 5 und 6 abgebildet *), und wenn ich die Stelle, worin de Candolle den ihm von Barras von St. Bernard überſchickten rothen Schnee beſchreibt, recht verſtehe, ſo hat dieſer ausgezeichnete Naturforſcher dieſelben Thiere geſehen; in einer colorirten Zeichnung, welche Dr. Schmidt im Jahre 1827 auf der Grimſel machte, finde ich ſie ebenfalls wieder.

3. Außerdem fand ich weit kleinere vollkommen ſphäriſche und ſchön blutrothe Körper von geringer Durchſichtigkeit, welche, in gewiſſen Stellungen, am Rande eine kleine Spalte oder enge Oeffnung zeigten. Sie hatten etwa $^1/_{100}$ Mill. Durchmeſſer und waren nur in ſehr geringer Zahl vorhanden. Sie bewegten ſich in Kreiſen langſam vorwärts, indem ſie ſich zugleich um ihre Axe drehten. Ich weiß nicht, welcher der Ehrenbergſchen Gattungen dieſe Thiere beizuzählen ſein möchten. Nach

*) Greville, Scot. crypt. Flora. Vol. IV. Taf. 231.

den Beſchreibungen, welche mehrere Schriftſteller von der wechſelnden Größe der Kugeln des Protococcus nivalis machen, ſo wie nach der ſchon erwähnten Zeichnung des Dr. Schmidt zu urtheilen, hat man dieſen Körper für kleine Protococcuskugeln gehalten.

4. Sehr ſelten ſah ich eine Art vollkommen kugelförmiger Körper von tiefer Karminfarbe, etwas durchſcheinend gegen den Rand hin, welche von einer waſſerhellen Membran umkleidet waren. Gegen den Rand hin hatte die gefärbte Körpermaſſe an einem beſtimmten Orte eine helle, faſt ungefärbte Oeffnung in Form eines Halbmondes, welche mit dem häutigen Rande zuſammenhing. Sie hatten etwa $^1/_{30}$ Mill. Durchmeſſer. Ich ſah keine Bewegung, weiß auch nicht welcher Gattung ſie angehören mögen. Wie die vorigen, ſcheinen ſie zur Gruppe der Volvocina zu gehören.

Außer dieſen Thieren, welche durch ihre Farbe viel zur Röthung des Schnees beitrugen, fanden ſich auch einige graue oder ungefärbte, deren geringe Zahl mich faſt auf ihre zufällige Anweſenheit ſchließen läßt.

5. Ein ovales, ungefärbtes, durchſichtiges Infuſorium, welches am einen Ende eine grauliche, körnige Maſſe einſchloß. Größter Durchmeſſer etwa $^1/_8$ Mill., kleinſter etwa $^1/_{20}$ Mill.

6. Einige kleinere, runde oder längliche Körper mit einer undeutlich körnigen grauen Maſſe erfüllt, von etwa $^1/_{100}$ Mill. Durchmeſſer, welche mit der Pandorina hyalina Ehrenberg's die größte Aehnlichkeit hatten. (Vgl. Ehrenberg's Infuſ. S. 54. Taf. 2. Fig. 34).

7. Endlich habe ich ein einziges, ungefärbtes, durchſichtiges Individuum beobachtet, welches ſcheinbar aus 2 kugelförmigen Körpern zuſammengeſetzt war. Eine Spur von Inhalt oder Organiſation war nicht zu ermitteln. Eine jede dieſer Kugeln hatte höchſtens 1/200 Mill. Durchmeſſer. Vielleicht gehörte es zur Monas gliscens Ehrenbergs (S. 13. Taf. 1. Fig. 14).

Keines der drei ungefärbten Infuſorien zeigte Bewegung. Die wahre Alge des rothen Schnees, ſo wie eine andere ungefärbte, deren Anweſenheit wahrſcheinlich ſo viele Irrthümer in die Beſchreibung des Protococcus nivalis brachte, bleibt mir nach dieſer kurzen Auseinanderſetzung der thieriſchen Formen noch zu beſchreiben übrig.

8. Stets, wenn auch in kleiner Zahl, beobachtete ich vollkommen runde Kugeln von hellem Blutroth, welche mit einer granulirten Maſſe erfüllt und deshalb nur halb durchſichtig waren. Von faſt gleicher Größe wechſelte ihr Durchmeſſer nur zwiſchen 9/500 und 10/500 Mill. Sie hatten weder eine Gallert-Grundlage, noch häutigen Rand, noch Bewegung; beim Zerdrücken platzte ihr Farbeſtoff in Geſtalt unendlich kleiner Kügelchen hervor, und die zerriſſene ungefärbte Haut blieb zurück. Die Verdunſtung des Waſſers hatte dieſelbe Wirkung zur Folge. Dies war der Protococcus nivalis Agardh's. Dieſer Naturforſcher hatte die inneren Körnchen, aus Mangel hinreichender Vergrößerung, nicht geſehen.

9. Zwiſchen und unter allen dieſen thieriſchen wie pflanzlichen Formen fand ſich eine unermeßliche Menge ſehr kleiner, runder, ungefärbter Kügelchen, bald frei,

bald in Gruppen vereinigt, ohne Spur von Bewegung oder Inhalt. Ihr Durchmeſſer war höchſtens $^1/_{500}$ Mill. Suchte man ein größeres Infuſorium zu iſoliren, ſo hingen ihm eine Menge dieſer Kugeln an, welche oft zellig, fadig und knotig ſich zuſammenreihten. Verdampfte das Waſſer unter dem Mikroſkope, ſo zeigte ſich dieſelbe Erſcheinung; ihre urſprüngliche Form wurde unkenntlich und friſch befeuchtet erlangten ſie ſie nur theilweiſe wieder. Es war der Protococcus nebulosus Kützing. (Linnæa 1833. S. 365. Tafel 3. Fig. 21). Ohne Zweifel gehören die kleinen ungefärbten Kügelchen, welche Bauer beobachtete, und andere, welche auf der Waſſerfläche ſchwimmen, dieſem Organismus an; und ohne Zweifel auch haben dieſe durch Trocknen und Zerſetzung unkenntlich gewordenen kleinen Kügelchen, mit ungefärbten Reſten des Protococcus nivalis gemiſcht, ſo viele Naturforſcher zu dem Irrthum verführt, eine gallertartige Mutterſubſtanz dem Protococcus zuzuſchreiben.

Ich muß hier bemerken, daß ich um 4 Uhr, bei ſehr ungünſtigem Wetter, obige Beobachtungen anſtellte, und daß die Dunkelheit mich verhinderte, meine Zeichnungen früher als am andern Morgen zu machen. Um 11 Uhr Abends war der Schnee in den Gefäßen noch nicht vollſtändig geſchmolzen. Morgens früh fand ich ihn vollſtändig geſchmolzen und den Farbeſtoff auf dem Boden der Gefäße abgelagert; das Mikroſkop zeigte mir, daß alles Leben aufgehört hatte, und die Kugeln des Protococcus kaum von den unter Nr. 3 erwähnten Infuſorien zu unterſcheiden waren; nur die hellere Farbe, größere Durchſichtigkeit

und der körnige Inhalt konnten einen kleinen Unterſchied bedingen.

Der Aufenthalt einer zahlloſen Menge mikroſkopiſcher Thiere im Schnee, in einer Temperatur die ſelten über, meiſt unter Null ſteht, eine Erſcheinung, die man bis jetzt kaum ahnte, zeigt uns wie viel Neues uns noch überall zu entdecken übrig bleibt, und wie ſehr die Grenzen unſerer Kenntniſſe durch vollkommene Mikroſkope ſich ausdehnen werden.

Die außerordentliche Empfindlichkeit dieſer Infuſorien gegen die Wärme, welche, einige Grade über Null erhoben, ſie tödtet; vielleicht auch das Unvermögen, jede Erſchütterung und Ortsveränderung zu ertragen, ſind, meiner Anſicht nach, die Urſachen, warum man ihre Mithülfe zur Färbung des Schnees bis jetzt noch nicht erkannt hat. Ich will durchaus nicht behaupten, daß die oben beſchriebenen Infuſorien ſich immer in ſo großer Zahl in dem Farbeſtoffe des rothen Schnees finden (in meinen Beobachtungen verhielt ſich die Zahl der Protococcuskügelchen zu den Infuſorien etwa wie 5 — 10 : 1000); ich glaube im Gegentheil, daß der Protococcus die Infuſorien oft numeriſch übertrifft.

Vergleiche ich nun die Unterſuchungen anderer Beobachter mit den meinigen, ſo ſcheint mir, daß Bauer und Unger ungefärbte Reſte von Protococcus nebulosus und nivalis als gallertartigen Mutterboden beſchrieben haben; denn in unſeren Alpen wenigſtens ſprechen die allgemeine Vertheilung des färbenden Stoffs bis in bedeutende Tiefe des Schnees, und ſein Niederſchlagen an Wände

und Boden des Gefäßes beim Aufthauen deſſelben, meiner Anſicht nach durchaus gegen die Möglichkeit einer ſolchen Gallertſubſtanz im friſchen Zuſtande.

Was die Reproduction der Flocken dieſer fadigen Gallertſubſtanz und die Entwicklung neuer ungefärbter organiſcher Kügelchen, welche Bauer beobachtet haben will, betrifft, ſo glaube ich, daß er hier ganz neue, dem rothen Schnee durchaus fremde Organismen beobachtet habe. Wer nur irgend mit mikroskopiſchen Unterſuchungen vertraut iſt, muß wiſſen, mit welch ungemeiner Schnelligkeit einerſeits die Arten von Hygrocrocis, Protococcus u. ſ. w., andererſeits die Monaden und andere Thierformen ſich entwickeln und fortpflanzen, und es könnte ſelbſt leicht ſein, daß der Protococcus nebulosus ſich erſt während des Schmelzens meines Schnees gebildet habe, und ſomit kein weſentlicher Beſtandtheil deſſelben ſei.

Eine Unterſcheidung der verſchiedenen Algen, welche man unter Protococcus zuſammengefaßt, ſcheint mir dringend nöthig, und da, nach meinen Unterſuchungen, mir die bis jetzt aufgeſtellten Diognoſen der einzelnen Gattungen nicht genügend erſcheinen, ſo werde ich verſuchen neue zu entwerfen.

Protococcus Agardh. Syst. Alg. p. XVII. Globuli liberi sporulis repleti. _Protococcus nivalis_ Agardh. l. c. p. 13. icon. Aig. eur. n⁰. et tabl. 21. — _Protococcus nivalis_ tab. nostra. fig. 2. — Uredo nivalis Bauer. Journ. of. Science and Arts. vol. VII. p. 222. Tab. 6. — Nees ab Esenbeck in Browns vermischte Schriften I. p. 578 c. icon. excl. fig. 9.

Der Genuscharakter würde, unſeren jetzigen Kenntniſſen gemäß, viele Arten ausſchließen, welche man der Gattung zugezählt hat, wie namentlich den Protococcus nebulosus, **Kützing** l. c. (ſ. unſere Tafel Fig. 10); indeß werden ohne Zweifel ſtärkere Vergrößerungen innere Sporen nachweiſen.

Hæmatococcus Agardh. ic. Alg. eur. n⁰. et tab. 22 et 24. Globuli liberi sporidia sporulis repleta includentes. *H. sanguinens* Ag. l. c. n⁰. et tab. 24. — Microcystis sanguinea Kützing in Linnæa 1833. p. 372. — Protococcus nivalis Corda in Sturm D. Fl. et Kütz.

Die von Greville beſchriebene und abgebildete ſchottiſche Pflanze wurde von Agardh, der großen Körner wegen welche ſie enthält, ebenfalls zu dieſer Gattung unter dem Namen Hæmatococcus Grevilli geſtellt. Nach dem Hæmatococcus Noltii, welchen ich in friſchem Zuſtande unterſuchen konnte, zu ſchließen, ſind dieſe Körner Sporidien, d. h. Kapſeln (thecæ), welche die eigentlichen Sporen erſt einſchließen, was allerdings der Charakter des Genus Hæmatococcus iſt, wie ich es begrenze. Allein die Anweſenheit eines gallertartigen Stratums (woran mich die Unterſuchungen meines Freundes Greville nicht zweifeln laſſen), weiſt die ſchottiſche Pflanze aus dieſem Genus und ihr ſomit einen höheren Rang an. Den Palmellen verwand, unterſcheidet ſie ſich von dieſem Geſchlecht dadurch, daß die Kügelchen außerhalb, nicht in der Gallertmaſſe eingeſchloſſen liegen. Ich ſchlage für dieſe Pflanze das Genus *Gloiococcus* Shuttl. vor.

Globuli massæ gelatinosæ affixi, sessiles sporidia sporulis repleta includentes.

Gloiococcus Grevilli Shuttl. — *Protococcus nivalis* Grev. Scot. crypt. flor. n°. et tabl. 231. excl. syn. — Hæmatococcus Grevilli Agardh icon. Alg. eur. n°. et tab. 23. — Microcystis Grevilli Kütz. Linn. 1833. p. 372. *)

Hugi **) beſchreibt außer dem rothen Schnee eine andere wunderliche Pflanzenform, die er am Rande ſchmelzenden Schnees in den Jahren 1828 und 1829 auf dem Unteraargletſcher beobachtet haben will. Seiner Beſchreibung nach war es eine den Tremellen ähnliche Maſſe,

---

*) Mehrfältige Unterſuchungen während dieſes Sommers über den rothen Schnee haben mich einige neue, von Shuttleworth nicht erwähnte, Infuſorien in demſelben erkennen laſſen, und mich zugleich überzeugt, daß mehrere Formen nur verſchiedene Entwicklungszuſtände deſſelben Thieres ſind. Eine wichtige Thatſache, welche wir beobachtet, iſt die, daß der rothe Schnee auch Räderthiere beherbergt. Eine Varietät der Philodina roseola Ehrenbergs ſindet ſich faſt beſtändig darin, und ihre Eier ſcheinen einen Hauptbeſtandtheil des färbenden Stoffes zu bilden. Ja, es ſcheint als ob der Protococcus nivalis nicht eine Pflanzenform ſei, ſondern aus Infuſorieneiern beſtehe. Dr. Vogt hat während mehrerer Tage die ſorgfältigſten Beobachtungen hierüber angeſtellt, die Formen friſch gezeichnet nud wird ſpäter ſeine Unterſuchungen im Einzelnen veröffentlichen.

**) Hugi Alpenreiſe. S. 372.

ſchön hochgelb gefärbt, handgroß, etwa ½ Zoll dick, welche beim Berühren zerfloß, und bald eine ſchwarze Dammerde bei ihrer Zerſetzung hinterließ. Niemand hat nach ihm dieſe ſonderbare Pflanze geſehen, deren Zerſetzung Hugi die zahlloſen, kleinen, mit ſchwarzer Erde gefüllten Löcher zuſchreibt, welche man auf dem Unteraargletſcher findet. *)

*) Ich habe im Laufe Auguſts dieſe gelbe Schneeproduktion öfters unterſucht und mich durch das Mikroskop überzeugt, daß ſie durchaus nicht organiſchen Urſprungs iſt, ſondern durch die Zerſetzung der eiſenhaltigen Felsarten der Guffer gebildet wird.

Sechstes Kapitel.

Die Gletſcherſchründe.

Alle Gletſcher haben Schründe und alle Welt redet mit einer Art Schrecken von dieſen Abgründen, die ſchon ſo manchen Gemsjäger und Bergwanderer verſchlungen haben. Es ſind dies ungeheure Riſſe in dem Eis, welche oft einen ganzen Gletſcher bis auf den Grund durchſetzen, meiſt aber nur eine gewiſſe Tiefe erreichen und allmählich nach unten ſich ſchließen. Man hat mehr Weſens von der Gefahr, welche ſie darbieten, gemacht, als nöthig geweſen wäre, und von der großen Menge Abenteuer und merkwürdigen Geſchichten, welche auf ihre Koſten erzählt werden, ſind die wenigſten wahr, die meiſten erdichtet. Es gibt freilich beſondere Umſtände, wo ſie ſelbſt dem erfahrnen Bergbeſteiger und Aelpler gefährlich werden können; aber im Allgemeinen wird ihre geringe Fährlichkeit doppelt überwogen durch die wunderbare Schönheit, den der Anblick ihrer im Widerſcheine der Sonne glänzenden Azurwände gewährt.

Ihre Form, Richtung und Häufigkeit wechſelt ungemein, ſowohl in den verſchiedenen Gletſchern als in den einzelnen Regionen deſſelben Gletſchers. Den größten Einfluß übt in dieſer Hinſicht die Neigung und der Fall des Gletſcherbodens; doch muß auch der Beſchaffenheit des Eiſes ſelbſt bedeutende Rechnung getragen werden. In den oberen Regionen, wo das Eis noch wenig compakt iſt, oder gar noch im Zuſtande des Firnes ſich befindet, gibt es meiſt nur wenige und ziemlich regelmäßige Spalten, und der Hochfirn, obgleich meiſt weit ſteiler abſchüſſig als die untern Gletſcherregionen, iſt deshalb ſtets weit weniger zerriſſen als dieſe. Man vergleiche, um ſich von dieſer Behauptung zu überzeugen, Taf. 1 und 2 des Panoramas der Monte-Roſagletſcher mit dem Vieſchergletſcher, welcher Tafel 10 dargeſtellt iſt. Die Oberfläche der Firne der Monte-Roſakette erſcheint bei weitem gleichförmiger, als der nach allen Richtungen zerklüftete Vieſchgletſcher, obgleich der Fall des letzteren bei weitem geringer iſt. Wie ſchon bemerkt, hängt dies nur von der beſondern Beſchaffenheit des Eiſes ab. In der Firnregion iſt es noch körnig und unzuſammenhängend und elaſtiſcher durch großen Luftgehalt, es rutſcht daher nach und dehnt ſich aus, ohne Spalten zu werfen. In der Thalregion dagegen iſt es feſt, ſpröde und brüchig durch die Infiltration und das Gefrieren des Waſſers in den Haarſpalten, daher bricht es und ſpaltet ſich, ſtatt, ſo wie der Hochfirn, den Unebenheiten des Bodens nachzugeben.

Bis auf den Grund dringende Schründe bieten die Möglichkeit, die Dicke des Eiſes zu meſſen. Auf dem

Eismeere des Montanvert habe ich mehrere von 60 bis 80 Fuß Tiefe gemeſſen; Hugi fand auf dem Unteraargletſcher eine von 120 Fuß Tiefe. Ihre Breite ändert ſehr; Sauſſure fand bei ſeiner Beſteigung des Montblanc einen Schrund von mehr als 100 Fuß Breite, deſſen Grund er nicht ſehen konnte *); ich habe nirgend einen ſo ungeheuren Spalt, wohl aber deren von 20 bis 30 F. Breite angetroffen. Wo die Gletſcher eine geringe Neigung haben, können die Schründe meiſt überſchritten oder überſprungen werden. Sind ſie zu breit, ſo finden ſich oft natürliche Schneebrücken hinüber, wodurch man der Mühe überhoben wird, ſie zu umgehen oder mit einer Leiter zu überſetzen. Wahrhaft gefährlich für den Gletſcherwanderer aber werden ſie dann, wenn friſchgefallener Schnee ihre Ränder überdeckt oder die Sonnenhitze die oberen, noch nicht vollſtändig vereisten Schichten erweicht hat, und im Allgemeinen kann man nicht genug warnen vor dem durch die Nachtfröſte erhärteten Schnee, denn wenige Stunden Sonnenſchein reichen oft hin, die gefrorene Eiskruſte zu erweichen und da den Rückweg unmöglich zu machen, wo man kaum ohne den mindeſten Anſchein von Gefahr paſſirt hat. Sauſſure war einigemale unter ſolchen Umſtänden in Lebensgefahr. Er erzählt ſelbſt von ſeinem Aufenthalte auf dem Pelèringletſcher:

„Mittags um 12¾ Uhr langen wir auf dem Eiſe an. Die durch den Nachtfroſt erhärtete Schneedecke iſt etwas durch die Sonne erweicht und hat gerade die erwünſchte

*) De Saussure, Voyage. Tom. IV. p. 160.

Conſiſtenz; wir finden einige Spalten, die wir leicht umgehen und langen in 24 Minuten am Fuße des Felſen an. Meine Barometerbeobachtungen ſind in 18 Minuten vollendet und um 1 Uhr 35 Minuten treten wir äußerſt zufrieden den Rückweg an. Die Sonne brannte ſtark während der Zeit; ich freute mich anfangs darüber, weil ich vorher das Hinabſteigen über die ſchlüpfrige, ſteile Fläche gefürchtet, aber nun hoffte, den Schnee hinlänglich erweicht zu finden. Plötzlich weicht der Schnee unter meinen beiden Füßen zugleich, der rechte erreicht hinten keinen Grund, während der linke, vordere, noch einen geringen Stützpunkt im Schnee findet. Halb ſitze, halb reite ich im Schnee. In demſelben Augenblick ſinkt auch mein Führer Peter, der unmittelbar hinter mir war, in derſelben Stellung ein, und ruft mir ſogleich mit ſtarker, gebieteriſcher Stimme zu: „Ruhig, Herr! Keine Bewegung!" Wir waren auf einer Eisſpalte und die geringſte Bewegung hätte in der That die Schneedecke zertrümmern können, die uns noch hielt. Der andere Führer, der um einige Schritte voraus und nicht eingeſunken war, blieb unbeweglich auf ſeinem Platze ſtehen; Peter, ohne ſich zu rühren, befahl ihm die Richtung der Spalte zu unterſuchen und den Ort ihrer geringſten Breite ausfindig zu machen, doch unterbrach er ſich mehrmals, um mir die größte Ruhe anzuempfehlen. Ich erwiderte, ich werde nicht die geringſte Bewegung machen; ich ſei vollkommen ruhig und er möge nur, wie ich, mit möglichſt kaltem Blute über die Mittel, aus unſerer gefährlichen Lage zu kommen, nachdenken. Ich mußte ihm dieſe Verſicherung

geben, denn ich ſah meine zwei Führer in ſolcher Beſtür-
zung, daß ich fürchtete, ſie möchten den Kopf verlieren.
Wir erkannten endlich, daß unſer Weg gerade quer über
den Schrund führte; ich hatte ſchon dieſe Ueberzeugung
durch den Umſtand erlangt, daß mein linker Fuß ſich ge-
gen eine Schneewand ſtemmte, während der rechte in freiem
Raume ſchwebte. Peters beide Beine fanden keinen
Grund, da der Schnee unter ihnen gänzlich durchgebro-
chen war; er ſah durch das Loch den leeren Raum unter
uns Beiden und die tief dunkelgrünen Wände des Schrun-
des; nur der Schnee, auf dem er ſaß, hielt ihn noch.
Nachdem wir ſo unſere Lage hinlänglich erkannt, pflanz-
ten wir unſere beiden Stöcke kreuzweis vor mir in den
Schnee, ich ſprang darauf, Peter mir nach und ſo ent-
gingen wir glücklich dem gefährlichen Schritte, den wir
gethan. Wir ſchätzten nachher die Breite des Schrundes
auf 7 bis 8 Fuß; Länge und Tiefe waren ſehr beträcht-
lich. Peter empfahl mir mit vollem Rechte die größte
Unbeweglichkeit, die er auch ſelbſt beobachtete; hat der
Schnee einmal den Stoß des Sturzes und das Gewicht
des Körpers ausgehalten, ſo trägt er auch ferner und
man kann ſo ohne Gefahr auf ſeinem Platze bleiben,
während man durch unvorſichtige Bewegung ihn leicht
einbrechen oder ſelbſt in die Spalte ſich werfen kann."
(Voyage dans les Alpes. Bd. 2. S. 69.) Ich führe
gerade dieſe Geſchichte aus den Wanderungen unſeres Al-
penforſchers an, weil ſie nicht, wie die meiſten ähnlichen
Anekdoten, übertrieben iſt. Aber ich kann ſeiner Meinung
nicht beipflichten, wenn er weiter behauptet, „daß die

Schründe entweder gar nicht vorhanden, oder ſehr wenig geöffnet geweſen ſein mußten, im Momente als der Schnee fiel und daß ſie erſt dann ſich erweitert hätten, nachdem dieſer einige Dichtigkeit erlangt." Sauſſure ſchließt dies daraus, daß keine Einſenkung im Schnee am Orte des Schrundes vorhanden war. Allein gerade dies ſcheint mir ein Beweis gegen ſeine Anſicht zu ſein; denn eines Theils trifft man nicht ſelten in den Alpen Windwehen an, wo ſich der Schnee mehr als 5 bis 6 F. weit über die Felswände in die freie Luft hinausgebaut hat, und ndern Theils würde der Schnee Riſſe, Spalten und Einſenkungen bekommen haben, hätte ſich der Schrund erſt nach dem Fall des Schnees weiter geöffnet.

Die einfachen (unzuſammengeſetzten) Gletſcher werden oft in ihrer ganzen Breite von den Spalten durchſetzt, doch ſind dieſe meiſtens an den Rändern breiter als in der Mitte. Die zuſammengeſetzten Gletſcher weichen hievon ab. Wenn ihre einzelnen Zuflüſſe noch getrennt von einander ſind, entſprechen ſich ſogar meiſtens deren Spalten durchaus nicht. Im Zermattgletſcher zum Beiſpiel zeigen die von dem Weißthor und dem Gornerhorn kommenden Zuflüſſe meiſt viele und regelmäßige, der Monte-Roſagletſcher nur wenige und unregelmäßige Spalten. Man hat den Bildungsurſachen der Schründe bis jetzt nur wenig Aufmerkſamkeit gewidmet. Hugi ſchreibt ſie einer übermäßigen Spannung zu, welche durch die Häufigkeit des Wechſels zwiſchen Wärme und Kälte in jenen Hochregionen bedingt werde; allein nicht ſowohl die Schründe, ſondern vielmehr die Haarſpalten, welche die

ganze Gletſchermaſſe nach allen Richtungen hin durchkreuzen, bilden ſich auf dieſe Weiſe, wie wir ſpäter ſehen werden. Die Unregelmäßigkeit in der Anordnung der Schründe läßt ſchon eine andere Bildungsweiſe vorausſetzen. Ich glaube ihre Bildung hauptſächlich den Temperaturverſchiedenheiten in den verſchiedenen Schichten des Gletſchers zuſchreiben zu müſſen. Man ſetze den Fall, daß die Kälte der Nacht nicht unter + 1° falle, und daß das Eis in 5—6 F. Tiefe unter Null ſtehe. Das Waſſer, welches über Tage in die Haarſpalten der tieferen Eisſchicht geſickert iſt, gefriert darin und dehnt ſich aus; auf der Oberfläche, die weniger kalt iſt, findet kein Gefrieren, folglich auch keine Ausdehnung ſtatt, und ſie wird ſich nach allen Richtungen ſpalten durch die Spannung zwiſchen ihr und der unteren Schicht. Noch neuerdings habe ich dieſen Fall beobachtet, ebenſo aber auch geſehen, daß zuweilen das Eis in einer Tiefe von 7—8 F. nicht ſo kalt iſt, als an der Oberfläche, was ebenfalls die verſchiedenſten Spannuugen zwiſchen den einzelnen Eisſchichten, und ſo mannichfaltige Spaltungen bedingen muß. Die meiſten auf dieſe Weiſe erzeugten Schründe (die ich zu wiederholten Malen auf dem Unteraargletſcher beobachtet habe) ſind kaum einen Zoll breit, oft ſogar ſind ſie ſo eng, daß man Mühe hat, ſie zu unterſcheiden, obgleich ſie oft ziemlich tief hinabgehen. Trifft nun der Gletſcher in ſeinem Bette bedeutende Unebenheiten, ſteile Abſtürze, ſo erweitern ſich dieſe Spalten und werden dann jene gähnenden Schründe, welche oft die ganze Maſſe des Gletſchers durchſetzen.

Oft auch bilden ſich Schründe, ohne daß die erwähnten Spalten ſie vorbereiten und namentlich dann, wenn ein wenig geneigter Gletſcher plötzlich einen ſteilen Abſturz antrifft, wo ſich ſogleich eine Menge nach oben geöffneter Schründe werfen. Ein ſchlagendes Beiſpiel dieſer Art habe ich am großen Aletſchgletſcher geſehen. Dieſer von Nord-Weſt nach Süd-Oſt geneigte Gletſcher hat nur einen ſehr ſanften Fall und faſt transverſale Schründe. Allein da, wo ſich eine ſeitliche Verlängerung des Gletſchers gegen den Aletſch- oder Möriler-See hinzieht, bilden ſich ſogleich Schründe, welche der Axe des Gletſchers parallel laufen. (S. Tafel 12.)

Hugi hat zwei Arten von Schründen unterſchieden; Tagſchründe, welche ſich nur bei Tage und im Sommer, Nachtſchründe, welche nur bei Nacht und im Winter ſich bilden ſollen. Die Tagſchründe ſind nach ihm ſtets weiter an der Oberfläche und verengern ſich nach unten gegen den Boden; ſie ſind weit häufiger als die Nachtſchründe, finden ſich aber nie im Hochfirne. Die Nachtſchründe ſind am Grunde am weiteſten und verſchmälern ſich gegen die Oberfläche hin. Ich habe mir viele Mühe gegeben, dieſe Angaben Hugi's zu beſtätigen, aber vergebens. Indeß iſt es leicht begreiflich, daß unter gewiſſen Verhältniſſen die Schründe im Hochfirne unten weiter ſind als oben; dann nämlich, wenn die untern Maſſen am Boden ſchon compaktes Eis, die oberflächlichen Schichten aber noch weniger feſt ſind. Indeſſen kann man aus ſolchen vereinzelten Fällen durchaus keine allgemeine Regel entnehmen; denn alle Spalten, welche

ich im Firne, ſelbſt in einer Höhe von 10,000 F. beobachtet habe, waren oben weiter oder hatten mindeſtens parallele Wände. Die ungeheure Spalte, in welcher Zumſtein bei ſeiner Beſteigung des Monte-Roſa in einer Höhe von 13,128 Fuß übernachtete, war ebenfalls gegen den Grund hin enger als oben und zeigte an ihren Wänden eine Menge 3—4 Zoll breiter Schichtenſtreifen, welche Zumſtein für eben ſo viel jährliche Schneeſchichten zu halten geneigt iſt. Ueberdem ſehe ich nicht ein, warum die Spalten des Firnes ſich vorzugsweiſe in der Nacht und zur Winterszeit, die der Gletſcher aber bei Tag und im Sommer bilden ſollen. Auch Hugi bleibt uns durchaus die Erklärung ſeiner Behauptung ſchuldig.

Die großen Schründe haben meiſt eine zur Längenaxe des Gletſchers quere Richtung. So zeigen ſie ſich z. B. in der oberen Region des Zermattgletſchers Tafel 1 und 2. Da aber die Eismaſſen am Rande ſich meiſt ſchneller bewegen, als in der Mitte, beſonders bei ſtarker Thalneigung, ſo krümmen ſich die Spalten bald bogenförmig, die Convexität nach oben gerichtet, wie z. B. am Eismeer unter dem Montanvert alle Spalten ein Kreisſegment bilden (ſ. daſſelbe am Zermattgletſcher Taf. 3). So lange der Abhang mäßig bleibt und der Gletſcher kein ſeinen Weg ablenkendes Hinderniß antrifft, herrſcht auch die angegebene Spaltenrichtung vor. Findet ſich aber ein ſteiler Abſturz, eine plötzliche Vertiefung im Thalboden vor, ſo geräth ſogleich der ganze Gletſcher in eine unendliche Verwirrung; die Richtung der Moränen wie der Spalten wird gänzlich unergründlich und die mannichfachen

Riſſe und Schründe, die ſich nach allen Richtungen hin durchkreuzen, und erzeugen ſo die wunderlichen und oft bizarren Eisgeſtalten, welche unter dem Namen der Gletſchernadeln bekannt ſind (ſ. Kap. 7).

Wie der Boden, ſo üben auch die Thalwände einen bedeutenden Einfluß auf die Spalten aus. Ein vorſpringender Felſen drängt alle Gletſcherſpalten in einer ſeitlichen Richtung von ſich ab; er wird der Mittelpunkt eines Sternes von Spalten, welche von ihm aus gegen den Gletſcher hin ausſtrahlen; alle Schründe drehen ſich von ihm weg, nach unten hin, und werden ſo Längsſpalten, wo ſie früher Querſpalten waren. Das ſchönſte Beiſpiel dieſes Einfluſſes auf die Richtung der Gletſcherſpalten, welches mir bekannt iſt, bietet das Thalende des Zermattgletſchers dar (ſ. Taf. 5). In dieſem beſonderen Falle, wo der Drehungswinkel dem Thalende des Gletſchers ſo nahe liegt, erhält ſich die Längsrichtung der Spalten bis zum Ende, und ich habe im Sommer 1839, als ich den Gletſcher beſuchte, hier ungeheure Längsſpalten, neben mehr oder minder ſchiefen und queren beobachtet. In dem unteren Theile des Rhonegletſchers herrſchen die Längsſpalten durchaus über die Querſpalten vor, und dies iſt die Urſache der fächerförmigen Anordnung jenes Gletſchers, welche beſonders von der Höhe der Maienwand ſo ſehr in das Auge fällt. Schon oben haben wir angeführt, welchen bedeutenden Verſchiedenheiten die Schründe unterworfen ſind, wie ſehr ihre Form, Größe und Tiefe von Jahr zu Jahr, und oft in weit kürzeren Zeiträumen wechſelt. Alte Schründe ſchließen und neue öffnen ſich; ſteis aber

hängt ihre Anordnung im Allgemeinen von lokalen Einflüſſen und beſonders der Bodenneigung ab, und iſt ſtets mehr regelmäßig bei Gletſcherbetten mit geringem Fall, als da wo ſteile Abſtürze die größte Unordnung bedingen (ſ. Taf. 1, 2 und 13.).

Hugi *) erzählt von der Bildung eines Schrundes, welche er beobachtete, folgendes: „Ich hörte bei großer Hitze, Abends 5 Uhr, ein ganz eigenes Getöſe. Kaum ſprang ich ihm 30—40 Schritte entgegen, ſo fühlte ich unter meinen Füßen die Maſſe ſchlagweiſe erzittern, und bald entdeckte ich den Grund; der Gletſcher warf einen Riß. Zehn bis zwanzig Fuß riſſen oft in einem Momente, ſo daß ich nicht nachzuſpringen vermochte. Oft ſchien es aufhören zu wollen, und die Maſſe trennte ſich nur langſam, dann aber warf ſich, erſchütternd, der Riß weiter. Mehrmals eilte ich voraus und legte mich dann auf den Gletſcher hin. Da fuhr der Riß gerade unter meiner Naſe durch, wobei die bewegte Maſſe mich bedeutend erſchütterte, ohne jedoch das genaue Beobachten zu hindern. Die Spalte öffnete ſich beim Entſtehen unter ſchlagweiſem Zittern der Maſſe etwa 1½ Zoll, dann aber ſchloß ſie ſich wieder enger, ſo daß ihre Oeffnung nirgends einen Zoll betrug. Sie war etwa 4—5 Fuß tief. Da ich nach einigen Tagen den Gletſcher bewanderte, ſtieg ich wieder zu jener Spalte empor. Sie hatte ſeither ſich 6 Zoll weit geöffnet und ihre Tiefe konnte ich nicht mehr beſtimmen.“

*) Naturhistor. Alpenreise, pag. 354.

De Sauſſure mußte bei der Rückkehr vom Montblanc eine Schneewand von 50° Neigung hinabklettern, um einen Schrund zu umgehen, der ſich während ſeines Verweilens auf dem Gipfel geworfen hatte. *)

Eine andere Art von Oeffnungen auf der Gletſcherfläche, die Waſſerbecken, hat man meiſt mit den Schründen verwechſelt, obgleich die Art ihrer Entſtehung durchaus verſchieden iſt. Schon oben bei dem Monte-Roſagletſcher habe ich ihrer Erwähnung gethan, und bemerkt, daß ſie, bei einer elliptiſchen Form, oft eine Länge von 10—12 Fuß auf eine Breite von 3—4 Fuß erreichen. Wie die Trichter, verdanken ſie ihre Entſtehung den kleinen Waſſerrieſeln, welche die Gletſcherfläche durchfurchen und welche in den niederen Eindrücken Sand und Erde zuſammenſchwemmen. Dieſe kleinen, mit Sand ausgekleideten Tümpel graben ſich, durch ihre Erhitzung an der Sonne und das Schmelzen des umgebenden Eiſes immer tiefer, oft bis auf 20 Fuß in die Gletſcherfläche ein. Das Waſſer ſammelt ſich darin an, bis eine Spalte das Becken durchſetzt und einen Ausweg nach unten öffnet. Man trifft dieſe Waſſerbecken nur auf wenig geneigten Gletſcherflächen an, wo wenige Spalten vorhanden ſind, wie namentlich auf dem mittleren Theile des Unteraargletſchers und auf dem Zermattgletſcher.

Die ſenkrechten Runſen, welche ich ebenfalls von den Schründen unterſcheide, werden durch die Gletſcherbäche gebildet, wenn ſie Spalten in ihrem Lauf antreffen, durch

*) Voyages dans les Alpes. Tom. 4. p. 149.

welche ſie ſich, oft in prachtvollen Waſſerfällen, in die Tiefe ſtürzen. Da aber dieſe Bäche faſt täglich ihren Lauf ändern, ſo trifft man oft ſolche leere Runſenlöcher an, über welche man ſich nicht Rechenſchaft zu geben vermöchte, hätte man die Art ihrer Bildung nicht früher beobachtet.

Siebentes Kapitel.

Die Gletſchernadeln.

Die wunderlichen, bizarren Formen dieſer Gebilde, der blaue Wiederſchein ihrer ſenkrechten Wände, die Mannichfaltigkeit ihrer ſtets wechſelnden Geſtalten, ziehen ſchon aus weiter Ferne das Auge auf ſich, und der Strom der Vergnügungsreiſenden, welche jährlich die Schweiz beſuchen, wendet ſich meiſt nur den Gletſchern zu, welche durch Mannichfaltigkeit und Menge ihrer Nadeln ſich auszeichnen.

Die Anweſenheit von Nadeln beweist immer einen ſehr unebenen und ſtark geneigten Thalboden. Die Neigung allein, möge ſie noch ſo bedeutend ſein, reicht nicht zu ihrer Hervorbringung hin, wenn der Boden eben iſt; ſie bedingt dann nur mehr oder weniger häufige Spalten. Mehrere Zuflüſſe des Unteraargletſchers z. B. haben mehr als 30° Fall und doch eine ziemlich gleichmäßige Oberfläche, während andere, deren Bodenneigung weit geringer iſt (der untere Grindelwaldgletſcher z. B.) von Nadeln

ſtarren. Iſt der Thalgrund höckerig, die Neigung aber ſchwach, ſo verwerfen ſich die Schründe und der Gletſcher bekommt ein unordentlich durcheinandergeworfenes Anſehen, ſelten aber Nadeln.

Die Formen der Nadeln ſind um ſo kühner und bizarrer, je näher dem Thalende ſie erſcheinen, und die Einbildungskraft der Führer wie der Touriſten, hat ſich von jeher bemüht, die ſeltſamſten Aehnlichkeiten und ſonderbarſten Phantaſiegebilde aus ihren ſtets wechſelnden Geſtalten herauszuziffern. Was hat man nicht alles aus den Nadeln des Boſſonsgletſchers oder des Eismeeres unterhalb des Montanvert gemacht? Die ſchlanken aber einförmigen Nadeln des Zermattgletſchers, die ich Tafel 6 und 7 abgebildet habe, boten unſerer, vielleicht etwas zu nüchternen Phantaſie keinen ſolchen Tummelplatz dar.

Gletſcher mit ſanfter Bodenneigung, wie die beiden Aargletſcher, der Zmuttgletſcher im St. Niklausthale und andere, zeigen nie Nadeln, während andere, deren Bett ſehr ſteil abfällt, in ihrem ganzen Verlaufe davon ſtarren. Der Vieſchgletſcher, welcher Taf. 9 und 10 abgebildet iſt, gleicht durch die Menge und Form ſeiner Nadeln, welche in ſeinem ganzen Verlaufe ſich drängen, mehr einem gefrorenen Waſſerfalle, als einem ruhigen Eisſtrome.

Bemerkenswerth erſcheint es, daß die Wände der Nadeln, obgleich allen zerſtörenden Einflüſſen der Atmosphäre eben ſo gut ausgeſetzt als die Oberfläche der Gletſcher, doch nie rauh, uneben und körnig, wie dieſe, ſondern ſtets vollkommen glatt und eben erſcheint, und meiſt in

einem ſchönen blauen oder grünen Wiederſcheine ſtrahlt. Dieſe ſchöne blaue Tinte der Nadeln iſt es beſonders, welche die Gletſcher, wo ſie zahlreich vorkommen, ſo ſehr vor allen andern auszeichnet. Die Glätte der Wände hat Sauſſure ſchon, und gewiß richtig erklärt; ſie hängt lediglich davon ab, daß das durch die Schmelzung der Eisoberfläche entſtehende Waſſer nicht, wie auf den oberen Gletſcherflächen, durch Ritze nach unten ſickert, ſondern den ſteilen Wänden entlang hinabrieſelt, ſo daß dieſe beſtändig von flüſſigem Waſſer abgewaſchen werden.

Deshalb ſind auch die Gletſcher, welche die meiſten Nadeln haben, in maleriſcher Hinſicht die ſchönſten. Gruner gibt davon eine ganz falſche Erklärung. Er meint, die kleinen Gletſcherrieſel grüben ſich ein zunehmend tieferes Bett und zerſchnitten ſo die Eismaſſen in koniſch vertikale Stöcke. Allein die ſtete Veränderlichkeit des Laufes der Gletſcherbächlein läßt eine ſolche Entſtehungsweiſe der Nadeln durchaus nicht zu.

Verfolgt man den Gletſcher bergaufwärts, ſo werden die Nadeln ſeltner, und wenn ſich auch einige finden, ſo ſind ſie ſtets weniger ſchlank als die des Thalendes. Es iſt dies eine einfache Folge der verſchiedenen Dichtigkeit des Eiſes; je härter und feſter dieſes iſt, deſto leichter ſpaltet und reißt es nach allen Richtungen, und wenn ſolche compakte Eismaſſen, ſchon ſtark zerklüftet, einen ſteilen Abhang hinabſtürzen, ſo müſſen die mannichfaltigſten Formen und Geſtalten von Nadeln ſich entwickeln, um ſo mehr, da bei der Feſtigkeit des Eiſes auch eine Nadel von geringer Mächtigkeit ſich aufrecht erhalten kann,

welche in höheren Regionen, aus lockererem Eiſe gebildet, durch ihr eigenes Gewicht zuſammenſtürzen würde. Es können daher dort, in dem Firn und der Hochregion des Gletſchereiſes zwar Spalten und Schründe, aber keine Nadeln entſtehen, da derſelbe Grund, welcher in den oberen Regionen auch die Menge der Spalten vermindert, auch der Entwicklung der Nadeln hemmend entgegen tritt.

Die queren Zerklüftungen der Gletſcher bilden deshalb noch nicht Pyramiden, zu deren Bildung noch ungleichmäßige ſeitliche Zerwerfungen erforderlich ſind, welche unregelmäßig prismatiſche Maſſen bedingen, die durch Abſchmelzen und Verdampfen nach oben ſich zuſpitzen. Nicht allein auf den Gletſchern zeigt ſich dieſe Erſcheinung. Die großen Eisblöcke, welche ſich vom Aletſchgletſcher losreißen und auf dem Mörilerſee ſchwimmen, ſchmelzen ebenfalls pyramidenförmig ab und behalten die ſchöne azurblaue Farbe der Gletſchernadeln (ſ. Taf. 12).

Die Schichtungsſpuren, welche man zuweilen an den Spaltenwänden ſieht, erleichtern die Zerſtörung dieſer Gebilde und oft ſieht man ganze Nadeln dadurch zuſammenſtürzen und die Schründe, welche ſie umgeben, ausfüllen; an mehreren Stellen des Vieſchergletſchers beſonders kann man dies beobachten (ſ. Taf. 9 und 10).

Achtes Kapitel.

Die Moränen.

Die Aelpler der franzöſiſchen Schweiz nennen **Moränen** die Block- und Schuttanhäufungen, welche ſich bald wie Wälle längs dem Rande der Gletſcher hinziehen; bald auf der Oberfläche ſelbſt ſich über das Eis erheben und daſſelbe bedeckend, den Gletſcher hinab ſich erſtrecken. Man hat ihnen bisher viel zu wenig Aufmerkſamkeit geſchenkt; nur flüchtig im Vorübergehen wurden ſie in den meiſten Werken erwähnt, und doch ſind ſie eine der wichtigſten Erſcheinungen im Gebiete der Gletſcherwelt und ihr Studium faſt das einzige Mittel, die Schwankungen und Grenzen der alten Gletſcher auf das Beſtimmteſte feſtzuſetzen.

Ich habe für dieſe Blockmaſſen im Allgemeinen, welche alle Gletſcher mit ſich ſchieben, den franzöſiſchen Namen Moränen beibehalten zu müſſen geglaubt, da die deutſchen Aelpler wohl für die einzelnen Arten, nicht aber für das

Ganze einen allgemein gültigen Ausdruck haben. Ich unterſcheide aber mit den deutſchen Aelplern unter dem Namen der Gandecken die ſeitlichen und unter der Bezeichnung Gufferlinien die Mittelmoränen. Unter Endmoränen verſtehe ich die Wälle, welche meiſt halbmondförmig das Thalende eines Gletſchers umgrenzen, und Gletſcherſchutt nenne ich mit den deutſchen Aelplern die Block- und Schuttdecken, welche oft große Strecken der Gletſcheroberfläche überdecken. Die Gandecken oder Seitenmoränen begrenzen den Gletſcherrand und ſind die Folge der Felsbrüche und Erdſtürze der einſchließenden Thalwände, welche ſich hier in Maſſen am Rande anhäufen. Die Gufferlinien oder Mittelmoränen hingegen bilden ungeheuer lange parallele Wälle auf der Gletſcheroberfläche; ſie entſtehen aus der Verſchmelzung zweier Gandecken, welche, beim Zuſammenfluß zweier Gletſcher in demſelben Thal, ſich mit einander vereinigen. Die Endmoränen bilden oft ungemein hohe und ſteile Wälle, welche das Thalende des Gletſchers einſchließen und bilden ſich aus den Fels- und Schuttmaſſen, welche der Gletſcher, beim Vorwärtsrücken, vor ſeinem Fuße einherſchiebt. Bei vielen Gletſchern endlich breiten ſich die Gufferlinien und Gandecken gegen das Thalende hin ſo aus, daß ſie die ganze Oberfläche, oft im Bereiche einer Stunde und mehr, mit einer wahren Decke von Blöcken und Schutt überziehen, ſo daß es oft ſchwer hält, ſich von der Exiſtenz des Eiſes darunter zu überzeugen; dieſe Ausbreitungen nenne ich Gletſcherſchutt oder Blockdecken.

Ehe wir zu der Betrachtung der Moränen ſelbſt, ihren Modificationen und der Einwirkung, welche der Gletſcher auf ſie und ſie auf den Gletſcher ausüben, übergehen, iſt es nöthig, die Art und Weiſe zu unterſuchen, wie ſie ſich bilden und entſtehen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Steine und Felsblöcke, welche ſie bilden, von den Thalwänden herſtammen; der mineralogiſche und petrographiſche Charakter der Steine iſt dafür ein unumſtößlicher Beweis. Sollten ſich, was oft begegnet, am Ende eines Gletſchers Felsarten in der Moräne treffen, welche von derjenigen der Thalwände verſchieden ſind, ſo braucht man nur den Gletſcher bergauf zu verfolgen, um das Geſtein in der Höhe anſtehend zu finden (ſ. Kap. 12 über die Bewegung der Gletſcher). Regen, Schnee, Lawinen, Blitz, Verwitterung, kurz alle atmosphäriſchen Agentien, hat man unter den Urſachen angeführt, welche die Loslöſung dieſer Felsmaſſen von den Thalwänden bewirken. Am mächtigſten indeß wirkt ohne Zweifel das Gefrieren des in die Ritzen und Spalten der Felſen ſickernden Waſſers. Durch die Ausdehnung, welche das Waſſer im Momente ſeiner Erſtarrung zu Eis erleidet, werden die Fugen lockerer und der Wechſel des Auftbauens und Gefrierens läßt dies ſcheinbar machtloſe Element, wie einen allmählich mit wachſender Kraft eindringenden Keil wirken, welchem die feſteſten Geſteine nicht widerſtehen. Dieſe Wirkung wird da um ſo fühlbarer, wo die Oscillationen der Temperatur in der Nähe des Gefrierpunktes bedeutend und häufig ſind, alſo beſonders an den Orten, deren mittlere Temperatur etwa auf dem

Froſtpunkte ſteht, und es enthält dies den einfachen Grund der Erſcheinung, daß die niederen Alpenthäler, wenn auch von hohen und ſteilen Felswänden eingeſchloſſen, doch nicht ſo ſehr von Blöcken und Felsſchutt erfüllt ſind, als die Gletſcherthäler der Hochregion.

Die Natur des Geſteines der Thalwände übt gleichfalls einen mächtigen Einfluß aus. Geſchichtete, leicht ſplitternde, mannichfach zerklüftete Felsarten, ſchüttern weit leichter, und bilden ſo weit bedeutendere Moränen, als derbe, compakte, gleichförmige Geſteine. Es exiſtirt aber keine alpiniſche Felsart, welche nicht mehr oder weniger unter dem zerſtörenden Einfluſſe der Atmosphäre litte und in den verſchiedenen Moränen angetroffen würde.

So werden durch ſtets erneuertes Eindringen des Regen- und Schneewaſſers in das Geſtein, durch den ſteten Wechſel zwiſchen Gefrieren und Aufthauen, die Fugen immer weiter, der Zuſammenhang der Brocken und Blöcke immer lockerer, und es genügt eine geringe Störung des Gleichgewichts, um die aus dem Zuſammenhang gelöſten Maſſen von den Felswänden loszureißen und in die Thäler hinabzuſchleudern, welche meiſtens von Gletſchern erfüllt ſind.

Indeß bilden ſolche einzelne Felsſtürze, welche hie und da am Gletſcherrande liegen, noch keine Moränen; erſt wenn ſie zuſammenhängende Wälle längs dem Gletſcher hinab bilden, und durch die ſtete Fortbewegung deſſelben in lange Linien umgewandelt ſind, welche einerſeits an den Gletſcher, anderſeits an die Thalwand ſich lehnen, erſt dann nennt man ſie Moränen. Die Seitenmoränen

bilden meiſt einen Abfall gegen die Thalwände hin gerichtet (ſ. Taf. 9). Indeß wechſeln die Verhältniſſe ihrer Auflage ſehr nach dem Gletſcherſtand; oft, bei ſehr ſteilen Thalwänden, ruhen die Gandecken gänzlich auf dem Gletſcher, beſonders wenn er im Wachſen begriffen iſt; oft lehnen ſie ſich nur an ſeinen Rand an und ſind ſelbſt niederer als dieſer, beſonders bei ſanften Thalwänden und Abnahme des Gletſchers. Die auf der Oberfläche des Gletſchers zerſtreuten Blöcke, ſammeln ſich meiſt bald an den Seiten an, eine nothwendige Folge der Art des Vorrückens der Gletſchermaſſe. Der Gletſcher ſchiebt bei ſeinem Vorwärtsrücken alle beweglichen Maſſen längs den Thalwänden hinab mit ſich, und reibt und knirſcht ſie gegeneinander und gegen die Felſen ſeines Bettes, während die auf ſeinem Rücken ruhenden Blöcke von ihm, ohne eine Reibung zu erleiden, fortgetragen werden. Die Winkel und Kanten der Felsſtücke, welche die Gandecken bilden, werden daher abgeſtumpft und zugerundet, während die gleichmäßig fortgetragenen Gufferſteine ihre Ecken erhalten. *) In den Seitenmoränen dagegen findet man

*) Am meiſten werden die Felsfragmente zerrieben und abgerundet, welche auf den Gletſchergrund, zwiſchen das Eis und die Thalſohle gerathen, und deshalb findet man meiſt unter dem Thalende der Gletſcher bedeutende Anhäufungen vollkommen zugerundeter Gerölle, nie aber große eckige Blöcke, welche man nur auf dem Gletſcher ſelbſt findet, wo ſie, ohne ſelbſt merklich Platz zu ändern, von dieſem fortgetragen werden.

bunt untereinander gemengte Blöcke von allen Größen und Formen, vom eckigſten Kantenblock bis zu den abgerundetſten Kieſeln und ſelbſt dem feinſten Reibſande, der ſich namentlich da findet, wo ſchiefrige, kalkige und beſonders merglige Geſteine die Thalwände bilden. An ſolchen Orten zerreibt der Gletſcher die weichen Steine zu einem feinen Schlamm, der unter ihm hervorquillt (Roſenlaui), oder wirft lehmige Wälle vor ſich auf (oberer Grindelwaldgletſcher), während auf Kieſel, Granit und Serpentinboden ſich die ſchönſten abgerundeten Rollſteine finden (Trient, Zermatt u. ſ. w.).

Die Größe der Moränen variirt ſehr je nach der Häufigkeit der Felsſtürze und der Natur des Geſteines der Gletſcherthäler, wie ſchon bemerkt wurde. Doch gewinnen ſie im Allgemeinen an Mächtigkeit, je weiter ſie zu Thal ſteigen und dem Gletſcherende ſich nähern; aus dem einfachen Grunde, daß der Gletſcher, welcher ſtets thalabwärts rückt, einen großen Theil der oberen Moränen mit ſich nach unten ſchiebt, deren Maſſe dann durch den unteren Thalſchutt vermehrt wird. Doch ſteht dieſe Vergrößerung der Moränen nach unten nicht in gleichem Verhältniß mit der Maſſe des Thalſchuttes; denn, obwohl der größte Theil der Felsblöcke, die aus den höheren Regionen ſtammen, von dem Gletſcher nach unten geſchoben wird, ſo läßt dieſer doch überall einzelne Blöcke und oft ziemlich große Maſſen bei ſeinem Vorrücken zurück, welche, außer dem Bereich ſeiner fortbewegenden Kraft, in der einmal angenommenen Lage bleiben, und auf dieſe Weiſe nicht zur Vermehrung der unteren Moränen beitragen.

Außerdem aber begründet auch der Zuſtand des Gletſchereiſes ſelbſt zum großen Theil die geringere Mächtigkeit der Moränen in den höheren Regionen. Die Blöcke, welche oberhalb der Firnlinie von den Felskämmen herab auf den Gletſcher rollen, bleiben nicht auf der Oberfläche liegen, ſondern ſinken in der körnigen Maſſe ein, da der Zuſammenhang der Eismaſſen zu gering iſt, um ihr Gewicht tragen zu können. Sehr bedeutende Gletſcher, obgleich zwiſchen ſteil abgeriſſenen Felswänden eingeſchloſſen, von welchen beſtändig Blöcke ſich losreißen, ermangeln aus dieſem Grunde oft faſt gänzlich der Moränen in ihren höheren Partheien.

Hat man einen Punkt gewonnen, wo man einen Gletſcher in der ganzen Länge ſeines Laufes überſehen kann, ſo ſieht man, je weiter nach oben, deſto mehr die Moränen an Mächtigkeit abnehmen, und endlich gänzlich verſchwinden. Namentlich die aus mehreren Zuflüſſen zuſammengeſetzten Gletſcher zeigen dies Phänomen aufs ſchönſte, und die von der Monte-Roſakette in den Zermatgletſcher hinabſteigenden, bieten eines der ausgezeichnetſten Beiſpiele dieſer Art dar. Von der Höhe des Riffels, dem Aufnahmspunkte des Panoramas Taf. 1 u. 2, verfolgt man die einzelnen Moränen faſt alle bis etwa in die gleiche Höhe, wo ſie verſchwinden. Einige freilich ſind ſo gering, daß das bloße Auge von hier aus ſie nicht zu unterſcheiden vermag. Allein troß dem haben wir uns verſichern können, daß alle faſt in derſelben Region, d. h. etwas über der ſcheinbaren halben Höhe des Gebirges endigen. Einige dieſer Moränen, z. B. die zwiſchen

den beiden Monte-Roſagletſchern, die beiden Moränen des kleinen Matterhorns, laſſen ſich ſo bis zur Höhe von etwa 10,000 F. deutlich mit den Augen verfolgen. Die angeführten Beiſpiele ſind Mittelmoränen, die Seitenmoränen müſſen deshalb noch höher hinaufreichen, da eine Gufferlinie nur aus dem Zuſammenfluß zweier Gandecken entſtehen kann; das Auge kann ſie indeß nicht ſo weit verfolgen, indem ſie mit den gleichförmigen Felswänden, an welche ſie ſich lehnen, in der Ferne verſchmelzen, während die dunklen Gufferlinien auf dem ſchneeweißen Grunde noch in großer Ferne ſich auszeichnen.

Warum aber, wird man fragen, verhalten ſich die Gletſcher ſo verſchieden in verſchiedenen Höheregionen zu ihren Moränen? Die Aelpler behaupten überall, der Gletſcher leide keine Unreinigkeit in ſeinem Innern und ſtoße alle Steine auf der Oberfläche aus. Man hat mit einer Art Mitleid dieſe Behauptung gegen Ende des vorigen Jahrhunderts von Seite der Gelehrten belächelt und ſie unter die Volksmährchen gerechnet, und dennoch iſt ſie vollkommen richtig und wahr. Wer je einen Gletſcher in der Nähe betrachtet hat, würde lügen müſſen, wollte er behaupten, in der Maſſe des Eiſes, an dem Thalende oder in den oft tiefen Spaltenwänden einen Stein geſehen zu haben. *) Steigt man aber in die Hochregion, ſo ſieht

*) In dieſem Jahre habe ich, das erſte Mal, ſeitdem ich die Gletſcher beſuche, einen Kieſel in dem kompakten Eiſe des oberen Grindelwaldgletſchers geſehen; habe mich aber überzeugen können, daß er in eine Spalte gefallen war, welche ſich wieder vollkommen geſchloſſen hatte.

man von einem gewiſſen Punkte an, die Moränen mehr und mehr ins Eis einſinken und endlich in ſeiner Maſſe verſchwinden. Natürlich; das bröckliche Eis, welches im Begriffe iſt, in Firn überzugehen, hat nicht Zuſammenhang genug, um die Felsblöcke auf ſeiner Oberfläche zu tragen; ſie ſinken in der weichen, körnigen Maſſe zu Boden. Die Firnmaſſe bewegt ſich aber in ihrer Geſammtheit ſtets thalabwärts und wird dadurch mehr und mehr der Sonnenhitze und der Schmelzung durch dieſelbe ausgeſetzt. Das geſchmolzene Eiswaſſer ſickert nach unten, läuft an den Blöcken, welche es im Innern der Firnmaſſe antrifft, nach allen Richtungen hinab, und tränkt ſo den umgebenden Firn. Durch die Nachtfröſte, ſo wie den erkältenden Einfluß der Firnmaſſe ſelbſt, gefriert das Eiswaſſer zwiſchen den Firnkörnern und bildet ſo eine feſtere Maſſe, die ſich ausdehnt. Dieſe ſich ausdehnende compaktere Eismaſſe drückt von allen Seiten gegen den Block und hebt dieſen, da der feſte Felsgrund nach unten der Ausdehnung Schranken ſetzt, die oberen Firnſchichten aber, locker und körnig wie ſie ſind, nur geringen Widerſtand leiſten, in die Höhe. So können wahrhaft rieſenmäßige Felsblöcke allmählich an die Oberfläche gebracht werden, und zwar derbe, eckige Stücke weit leichter, als breite Platten; aus dem einfachen Grunde, weil bei erſteren die ſeitliche Preſſung der umgebenden Eismaſſe zu der Preſſung von unten nach oben hinzukommt und dieſe unterſtützt, während bei breiten Platten, ſie müßten denn mit der ſchmalen Seite nach unten im Eiſe ſtecken, dieſe ſeitliche Preſſung nur äußerſt gering iſt.

Es iſt indeß leicht einzuſehen, daß die Blöcke nie an demſelben Orte an die Oberfläche kommen, an welchem ſie in den Gletſcher gefallen ſind; die Linie, welche ſie während ihrer Hebung beſchreiben, muß vielmehr eine Diagonale ſein zwiſchen der ſenkrechten Hebungsrichtung, welche durch den erwähnten Prozeß bewirkt wird, und der mehr oder weniger geneigten Linie, welche das Thalgefälle bildet, worauf die ganze Gletſchermaſſe nach unten vorrückt.

Die Schnelligkeit, womit die in den Firn gefallenen Blöcke wieder auf der Oberfläche anlangen, hängt einzig von atmosphäriſchen Einflüſſen ab. Geſetzt, ein Stein ſtürze im Jahre 1840 in die Firnmaſſe. Fällt im Winter viel Schnee und iſt der folgende Sommer kalt, herrſchen keine trockene Winde, welche die Verdunſtung befördern, ſo wird der Block nur geringe Fortſchritte während des Jahres machen. Das Gegentheil wird eintreten, wenn wenig Schnee fällt und Sonnenhitze und Winde während des Sommers die Verdunſtung und Schmelzung befördern.

So ſtellen ſich denn drei mächtige Hebel dieſer aufwärtsſteigenden Bewegung der Blöcke hervor; zwei negative, welche nur indirekt dadurch wirken, daß ſie die Maſſe, welche der Block noch zu durchlaufen hätte um an die Oberfläche zu gelangen, täglich mindern, und ſo ſein zu Tage kommen beſchleunigen: die Abſchmelzung und Verdunſtung der Oberfläche; während der dritte Hebel, die Verwandlung des Schmelzwaſſers in Eis, unmittelbar und weit mächtiger, als die beiden andern wirkt.

Anders iſt das Verhältniß der wirkenden Kräfte, wenn ein Block in der Nähe des Thalendes in einen Gletſcherſpalt fällt. Da verhältnißmäßig nur wenig Waſſer in das compackte Eis einſickert, ſo kann die durch deſſen Gefrieren bedingte Hebung nur ſehr gering ſein, während Verdunſtung und Abſchmelzen in der wärmeren Luft des Thales das Meiſte wirken.

Die Blöcke haben aber nicht allein dieſe Hebungsrichtung von unten nach oben gegen die Oberfläche; durch die Art der Vorwärtsbewegung der Gletſcher erhalten ſie auch eine ſchiefe Bewegungsrichtung von der Mitte gegen den Rand hin, welche dadurch bedingt wird, daß der Gletſcherrand ſchneller vorrückt als die Mitte, und welche bewirkt, daß jeder, auch noch ſo vereinzelte Block nach längerer oder kürzerer Zeit ſich irgend einer Moräne einſchließen muß.

Die Form der Moränen und namentlich der Gufferlinien iſt beſonders durch die verſchiedenen Einflüſſe der atmosphäriſchen Agentien bedingt, und wir werden ſpäter, nachdem wir den Urſprung der Mittelmoränen vorerſt behandelt, auf dieſen Punkt zurückkommen.

Den Gufferlinien (Mittelmoränen) ward bisher nicht die gebührende Aufmerkſamkeit geſchenkt, und namentlich ihr Urſprung meiſtens falſch oder ungenügend erklärt. Selbſt Sauſſure, der doch ſo viele geſehen, bildete ſich eine total falſche Anſicht von ihnen; er erklärte ſie für das Reſultat einer Neigung, welche die Eismaſſen hätten, ſich gegen die Mitte der Thäler hinzudrängen, und dort die Steine und den Schutt, womit ſie bedeckt ſind, zuſam-

menzuhäufen. Dieſe Neignng iſt nach ihm eine Folge der Form der Thäler, welche ſtets in der Mitte tiefer, als an den Rändern ſind. Er ſagt ſelbſt: *)

„Ein Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung iſt der Umſtand, daß man gegen Ende des Sommers, namentlich in breiteren Thälern, an vielen Orten, den Rand des Gletſchers in ziemlicher Entfernung von dem Fuße der Bergwände antrifft. Es wird dieſe Entfernung nicht allein durch das Abſchmelzen des Eiſes längs der Ränder, ſondern auch durch ſeine Zuſammenziehung gegen die Thalmitte hin verurſacht. Im Winter füllen ſich dieſe Zwiſchenräume wieder mit Schnee, der ſich mit Waſſer tränkt und in Gletſchereis verwandelt. Die neugebildeten Eisſtreifen längs der Berge bedecken ſich mit Trümmern, werden aufs Neue im folgenden Jahre während ihres Hinabſteigens gegen die Thalmitte geſchoben, und ſo entſtehen dieſe parallelen Streifen, welche ſich in einer Diagonale zwiſchen der Neigung des Thalbodens gegen ſeine Mitte und dem Abhange des Thales ſelbſt vorwärts bewegen.“

So ſcharfſinnig dieſe Erklärung auch erſcheinen mag, und ſo allgemein ſie angenommen wurde, ſo falſch iſt ſie. Wollte man dieſes Drängen der Eismaſſen gegen die Thalmitte zugeben, ſo müßte man auch nothwendigerweiſe annehmen, daß die Bewegung des Gletſchers in der Mitte ſchneller ſei als am Rande, und dann müßten die Querſchründe im Allgemeinen nach unten convexe Bogen darſtellen. Allein gerade das Gegentheil iſt der Fall; alle

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes. Bd. I. p. 382.

Schründe, wie wir oben geſehen haben, bilden mehr oder weniger nach unten geöffnete Kreisabſchnitte, deren Schenkel an den Seiten weit tiefer hinabreichen als in der Mitte. Ferner müßten, wollte man Sauſſure's Meinung behaupten, die Guſſer eine ſchiefe Richtung von außen nach innen haben; ich habe dies nie geſehen, ſondern ſtets im Gegentheile eine Neigung, ſich von innen nach außen zu zerſtreuen, an ihnen bemerkt; eine natürliche Folge der Bewegungsgeſetze der Gletſcher. (Im Kapitel von der Bewegung der Gletſcher werden wir ſehen, warum dieſe am Rande ſchneller iſt als in der Mitte.)

Der leere Raum, welchen man oft zwiſchen dem Gletſcherrande und dem Fuße des Gebirges ſieht, beweist ebenfalls durchaus nichts für dieſes Drängen der Eismaſſen gegen die Thalmitte. Er entſteht ganz einfach durch das Zurückprallen der Licht- und Wärmeſtrahlen von den Thalwänden, wodurch die Abſchmelzung auf den Seiten weit ſtärker iſt. Zwar bedeckt ſich der Raum im Winter mit Schnee; aber dieſer Schnee trägt wenig zur Vermehrung des Gletſchers bei, wenigſtens im unteren Theile derſelben; er ſchmilzt vielmehr weg, bevor er ſich noch in Eis hat verwandeln können, da die ſchmelzende Kraft der durch die Thalwände zurückgeworfenen Wärmeſtrahlen weit ſtärker auf den loſen Schnee, als das compakte Gletſchereis wirken muß.

Man hätte nicht ſo weit zu gehen brauchen, um ein ſo einfaches Phänomen, als die Guſſerlinien ſind, zu erklären; ſchon eine oberflächliche Unterſuchung reicht hin, um zu beweiſen, daß ſie ſtets da aus der Vereini-

gung zweier, einander zugekehrter Seitenmoränen entſtehen, wo zwei Gletſcher zuſammenfließen in ein gemeinſchaftliches Bett. Der einfachſte Beweis für meine Anſicht iſt der, daß man Gufferlinien nur auf zuſammengeſetzten, nie aber auf einfachen Gletſchern findet, und daß ihre Anzahl ſtets im Verhältniß zu der Zahl der einzelnen Zuflüſſe des Gletſchers ſteht. Sie bilden breite hohe Wälle, welche ſich auf der Oberfläche der Gletſcher in weite Ferne hin verfolgen laſſen, verſchmelzen aber im Hinabſteigen allmählich mit den Seitenmoränen, da die Gletſchermaſſe auf den Seiten ſchneller vorwärts rückt als in der Mitte.

Zuweilen findet man Gufferanhäufungen, welche keine zuſammenhängenden Linien, ſondern einzelne Schutthaufen, oft von bedeutender Maſſe, bilden. Ich nenne dieſe vorübergehende Guffer, weil ſie von Lawinen und Felsſtürzen herrühren, welche auf den Gletſcher gefallen ſind und mit dieſem dann vorrücken. Sie haben durchaus keine Beſtändigkeit, da ſie ihre Entſtehung nur dem Zufall verdanken, finden ſich aber doch ziemlich häufig auf manchen Gletſchern, wie z. B. dem Unteraargletſcher.

Die Gufferlinien, wo man ſie auch finden mag, zeigen deßhalb ſtets einen aus zwei oder mehr Zuflüſſen zuſammengeſetzten Gletſcher an. Es gibt Gletſcher, wo man vier und mehr ſolcher Wälle antrifft, die ſich von Weitem ſehr ſchön als parallele, ſchwarze Striche auf dem weißen Grunde auszeichnen. Bei unſerem Beſuche des großen Zermattgletſchers überkletterten wir vier Mittelmoränen, um vom Riffel aus an den Fuß des Monte-Roſa

zu gelangen. Es waren dies, von der rechten zur linken, die Gufferlinie vom Weißthor, vom Gornerhorn, vom Monte-Roſa und diejenige, welche den kleinen Gletſcher des Monte-Roſa vom großen derſelben Kuppe ſcheidet. Weiter nach links und unten kommen immer neue Gufferlinien hinzu, je mehr Zuflüſſe mit dem großen Haupteisſtrome ſich vereinigen: die vom Lyskamm, dem Breithorn und der Fürkeflue. Wo aber dieſe neuen Guffer ſich an die alten anſchließen, da beginnen die alten, auf dem rechten Ufer gelegenen, ſchon mit einander zu verſchmelzen; die Moränen vom Weißthor und dem Gornerhorn vereinigen ſich zuerſt und miſchen dann ihre Maſſen mit der Sandecke vom Riffel, welche die rechte Seitenmoräne des großen Gletſchers iſt (ſ. Taf. 1 und 2). Eben ſo verſchmelzen die Guffer vom Monte-Roſa, Breithorn, kleinen Matterhorn und die übrigen gegen das Thalende des Gletſchers ſo vollſtändig, daß man an dem Ausgange des Zermattgletſchers nur noch zwei Seitenmoränen, kaum Spuren von den Mittelmoränen mehr erblickt.

Einen je größeren Weg die Gletſcher vor ihrer Vereinigung zurückgelegt haben, deſto bedeutender ſind auch die bei der Verſchmelzung entſtehenden Gufferlinien. Es iſt dies leicht erklärlich aus dem Umſtande, daß lange Gletſcher, welche weite Strecken zwiſchen trümmernden Felswänden zurückgelegt haben, ſtets weit größere Sandecken beſitzen als kurze Gletſcher, welche kaum aus der Firnmaſſe hervorgegangen ſind. Die Gufferlinie des Unteraargletſchers iſt an Höhe und Breite die bedeutendſte, die ich kenne; ſie entſteht aber auch aus zwei großen

Gletſchern, dem von Lauteraar und von Finſteraar, die beide noch hinter ihrer Vereinigung mehrere Stunden weit bis zur Firnlinie reichen. Ich habe dieſe Guffer mit der von Hugi im Jahre 1827 darauf erbauten Hütte auf Taf. 14 abbilden laſſen; ſie hat am Vereinigungspunkte der Gletſcher. ſchon mehrere 100 Fuß Breite, und trennt, längs des ganzen ferneren Verlaufes bis zum Thalausgang, die beiden vereinigten Gletſcher, den Finſteraar- und Lauteraargletſcher in zwei parallele Hälften. Von der Höhe des Sidelhornes aus geſehen, erſcheint ſie wie ein ungeheurer ſchwarzer Damm, der zwei Silberſtröme von einander trennt.

Faſt allgemein ſind die Gufferlinien an dem Punkte ihrer Entſtehung aus zwei Sandecken mehr oder minder gegen die Oberfläche vertieft. Dieſe Vertiefung, welche ſich oft mit Waſſer anfüllt und zu einem kleinen See wird, iſt eine einfache Folge ihrer Bildung. Wie wir geſehen haben, bietet der äußere Rand aller Sandecken eine mehr oder weniger abſchüſſige Fläche dar, die ſich gegen die Thalwände hinneigt. Die Gletſcher treffen nun an ihrem Vereinigungspunkte zuerſt mit dem Rande ihrer Sandecken zuſammen, und die dadurch entſtehende Gufferlinie muß nothwendig in ihrem erſten Entſtehen im Durchſchnitte die Form eines \/ darbieten, deſſen beide Schenkel durch die Ränder der urſprünglichen Sandecken gebildet ſind. Bald aber, bei innigerem Zuſammenrücken der Gletſcher, verſchwindet dieſe mittlere Einſenkung, die Guffer wird der Fläche gleich und erhebt ſich in ihrem weiteren Verlaufe, iſt ſie nur einigermaßen mächtig, ſelbſt über derſelben her-

vor, ſo daß manche, z. B. die Guffer des Unteraargletſchers und die zwiſchen den Gletſchern vom Gornerhorn und Monte-Roſa im großen Zermattgletſcher, einen ſcharfen, hoch erhabenen Rücken bilden, der ſich über die tiefere Eisfläche hinzieht.

Die einfache Erklärung dieſer Erſcheinung beruht auf den phyſikaliſchen Eigenſchaften der Blöcke und ihrem Verhältniß zu den Wärmeſtrahlen, und man muß hier wohl zwiſchen den Blöcken von einem gewiſſen Volum und den kleineren Körnern und Steinen unterſcheiden, da die erſteren, wie ſchon Sauſſure ſo ſchön nachgewieſen, das Eis gegen die zerſtörende Eigenſchaft der Sonnenſtrahlen ſchützen, die letzteren dagegen gerade ſeine Schmelzung beſchleunigen. So ungleichartige Wirkungen von Körpern einer und derſelben Art, könnten unwahrſcheinlich vorkommen, brächte man nicht die verſchiedene Größe der Stücke in Anſchlag; die großen Blöcke nämlich werden freilich auf ihrer ganzen Oberfläche von den Sonnenſtrahlen erhitzt und zwar auf einen höheren Grad, als die Temperatur des Eiſes iſt, allein des zu großen Volumens wegen, theilt ſich dieſe Wärme nicht dem ganzen Blocke mit; ſeine Unterfläche bleibt kalt und beſchützt ſo das Eis gegen den zerſtörenden Einfluß der Sonnenwärme und trocknen Winde. Die kleinen Steine und Sandkörner hingegen erhitzen ſich ziemlich gleichförmig in ihrer ganzen Maſſe, die zu gering iſt, um nicht von der Wärme der Oberfläche durchaus durchdrungen zu werden. So erhalten dieſe kleineren Fragmente bald einen hinlänglichen Wärmegrad, um das Eis in ihrer nächſten

Digitized by Google

Umgebung zu ſchmelzen und in den Gletſcher einzuſinken. Allein ich glaube nicht, daß dies Einſinken ſich, wie man öfters ausgeſagt, bis auf den Grund fortſetze; ich habe ſie ſelten mehr als einige Zoll unter der Oberfläche angetroffen. Es ſcheint mir dies auch leicht begreiflich. So lange ſie oben aufliegen, erwärmen ſie ſich ſeitlich ſowohl wie von oben durch die Sonnenſtrahlen; ſind ſie aber einmal eingeſunken, ſo kann höchſtens von oben die Sonne erwärmend auf ſie einwirken, während ſeitlich das Eis ihrer Umgebung ſie erkältet und ſo müſſen ſie endlich auf einem Punkt anlangen, wo beide entgegengeſetzte Kräfte ſich im Gleichgewichte erhalten und die Steine demnach nicht weiter mehr einſinken. Je kleiner mithin ein ſolches Stück, deſto leichter wird es in den Gletſcher eindringen, wenn es vereinzelt daliegt; bildet aber der Sand eine zuſammenhängende Decke, ſo wirkt er in ähnlicher Weiſe, wie die großen Blöcke, und gibt dann zu der merkwürdigen Erſcheinung der Schuttkegel Anlaß, die in einem der folgenden Kapitel beſchrieben ſind. Die größten Steine, welche ich unter der Gletſcherfläche im Eis eingeſenkt fand, hatten höchſtens einen Kubikfuß Körperinhalt; die Moränen hingegen ſind meiſt aus weit größeren Stücken zuſammengeſetzt und müſſen ſomit wohl das Eis, auf dem ſie ruhen, vor Verdunſtung und Schmelzung ſchützen. So erheben ſie ſich nicht nur über das umgebende, der ſteten Zerſtörung unterworfene Eis ſondern ihre Seitenwände werden allmählich ſo ſteil, daß die Blöcke nicht mehr auf ihnen feſthaften, ſondern herabrollen. Die Guffer gewinnt dadurch an Breite; die von den Blöcken

früher beſchützten Eisſtellen weichen bald den zerſtörenden atmosphäriſchen Einflüſſen, ſtellen ſich ins Gleichgewicht mit der übrigen Eisfläche und auf dieſe Weiſe erweitern und verflachen ſich die vorher ſo hohen und ſteilen Dämme der Guffer allmählich wieder gegen das Thalende der Gletſcher hin.

Aehnlich verhalten ſich die Gandecken, wenn ſie auf dem Gletſchereiſe ruhen; allein da ſtets neue Felstrümmer von den Thalwänden auf ſie herabſtürzen, ſo bildet ſich für jeden Wall, welcher einſtürzt, ſtets ein neuer und es erhalten ſich ſo die ſcharfen Rücken dieſer Gandecken oft in der ganzen Länge des Gletſchers.

Oft herrſcht die größte Verſchiedenheit zwiſchen den Moränen eines und deſſelben Gletſchers; und namentlich auf den zuſammengeſetzten Gletſchern, wo man oft ſehr mächtige Guffer neben ganz unſcheinbaren findet, fällt dies am erſten in die Augen. So hat der Unteraargletſcher außer der großen, oben beſchriebenen Gufferlinie (ſ. Taf. 14) mehrere kleinere Mittelmoränen, welche aber vor der ungeheuren Mächtigkeit der Hauptguffer ganz verſchwinden und auch bald mit der rechten Gandecke verſchmelzen. Auf dem Lauteraar und Finſteraar ſahen wir in einer Höhe von etwa 8000 Fuß mehrere dieſer kleinen Guffer aus dem Gletſchereiſe auftauchen. Das Eis war an ſolchen Stellen an der Oberfläche unzuſammenhängend und bröcklich, längs der Blöcke aber härter und gleichförmiger, als ſonſt. So ſahen wir hier das Aufſteigen der Blöcke durch das Eis in unzähligen Beiſpielen an derſel-

den Stelle. *) Die große Guffer verhält ſich als Mittelmoräne bis zu dem Punkt, wo ſie ſich mit den beiden Gandecken zur Bildung der Blockdecke vereinigt, welche das Thalende des Gletſchers bedeckt.

Die Schründe üben großen Einfluß auf Geſtalt und Erſcheinung der Mittel- und Seitenmoränen, indem ſie ſtets die Blöcke in ihrer Lagerung verrücken und ſo ihrer Erhebung in Form eines Walles entgegen arbeiten. In ſtark zerklüfteten Gletſchern hat man oft Mühe, in Mitten der zahlreichen Riſſe und Nadeln, die ſich überall über ſtark geneigtem Thalboden finden, den Strich der Moränen zu unterſcheiden, und kann man einen Punkt in der Höhe gewinnen, von welchem man einen ſolchen Gletſcher in ſeinem ganzen Laufe überblickt, ſo erſtaunt man, die Moränen an den genadelten, zerklüfteten Stellen verſchwinden, die ungeheuren Blöcke, welche höher hinauf eine ſcharf gezeichnete Guffer bildeten, in den Spalten ſich bergen und weiter unten, wenn die Schründe ſich wieder ſchließen und die Gletſcherfläche gleichförmig wird, wieder

*) In dieſem Falle geſchah das Aufſteigen der Blöcke durch das compakte Gletſchereis; ein Beweis, daß auch dieſes noch ſtets durch die Infiltration des Waſſers von der Oberfläche her Modificationen, denen des Firnes ähnlich erleidet. In einer ſo feſten Maſſe muß das Emporſteigen weit langſamer vor ſich gehen als im Firn, aber die Thatſache, daß das Eis um und unter den Blöcken weit compakter iſt, als das gewöhnliche, beweiſt, daß auch hier die Blöcke einen ähnlichen Einfluß üben, wie auf dem Firn.

als regelmäßige Guffer auftauchen zu ſehen (ſ. Taf. 10 den Vieſchgletſcher). Die meiſten Gletſcherwanderer, beſchäftigt durch die mannichfaltige Form der zierlichen Nadeln und die wundervollen Farben ihrer ſpiegelhellen Wände, ließen dies Wiedererſcheinen der Moränen außer Acht; andere, befangen in ihren theoretiſchen Anſichten, behaupteten ſelbſt, es werfe ſich nie ein Schrund innerhalb der Moränen. *) Allein ein Blick auf Tafel 3, 4, 5, 8 u. 10 unſeres Atlaſſes wird genügen, den Leſer von der Unrichtigkeit dieſer Behauptung zu überzeugen, und zu beweiſen, daß die Schründe eben ſo wenig die Moränen, als die übrigen Theile der Gletſcher verſchonen.

Um die Geſchichte der Mittelmoränen zu vervollſtändigen, bleibt mir noch von zwei intereſſanten Modificationen derſelben zu reden übrig, den ſchiefen Moränen nebſt den Fetzen, welche ſich von den Hauptmoränen lostrennen und den parallelen Sandſtreifen, welche gegen den Gletſcherrand hin ausſtrahlen.

Die ſchiefen Moränen finden ſich nur zwiſchen den Gufferlinien und bilden ſich dann, wenn die Gandecken zweier Gletſcher von ungleicher Größe und ſtark divergirender Richtung ſich zu einer Guffer vereinigen, welche dann, ſtatt wie die gewöhnlichen Gufferlinien in der Bewegungsrichtung der Gletſcher vorzurücken, auf den ſchwächſten der Gletſcher hinübergeſchoben wird und ſo eine diagonale Richtung annimmt. Ihre Schiefheit wechſelt ſehr bedeutend; auf dem Unteraargletſcher weichen

*) Hugi, Alpenreiſe. S. 359.

die Zuflüſſe des Finſteraar nur wenig von der allgemeinen Richtung ab, während man auf dem Zermattgletſcher, am Fuße des Gornerhorn, einige ſieht, welche beinahe quer ſind und dadurch entſtehen, daß der Gornergletſcher faſt unter einem rechten Winkel auf den Gletſcher des Monte-Roſa auffällt (ſ. Tafel 1). Da indeß dieſe Moränen nicht die allgemeine Richtung der Gletſcherbewegung haben, ſo zerſtreuen ſie ſich bald und verſchmelzen mit den normalen Moränen.

Wenn der Gletſcher einen ſehr wechſelnden Fall hat und in Abgründe ſich hinabſtürzt, ſo zerſplittert oft die Seitenmoräne in einzelne Fetzen, welche dann der allgemeinen Bewegungsrichtung folgend, auf den Gletſcher ſelbſt ſich hinaufſchieben, ſtatt längs der Ränder ſich hinzuziehen; am Zermattgletſcher in der Nähe von Aufplatten (Taf. 5) konnte ich dies ſehr ſchön beobachten; indeß zerſtreuen ſich dieſe Fetzen bald. Die Gufferlinien ſelbſt erhalten ſich ſelten auf der Gletſchermitte bis zum Ende; dieſelben Urſachen, welche die auf der Oberfläche zerſtreuten Blöcke gegen die Seiten hin ſchieben, wirken auch zur Auflöſung der Moränen und ihrer Verſchmelzung mit den Gandecken mit. So bilden die vielen Guffer des Zermattgletſchers in ſeinem unteren Theile nur noch zwei große Moränenſtreifen (Taf. 5), welche ſich allmählich mit den Gandecken vereinigen. Am Vieſchgletſcher, deſſen Mittelmoräne ſeiner vielen Windungen in einem engen Bette wegen ſehr unterbrochen iſt, ſplittern ebenfalls ſtets einzelne Fetzen von der Mittelmoräne ab, welche gegen das Thalende hin ſchon gänzlich zerſtreut ſind (Taf. 10).

Endlich erzeugen die Mittelmoränen jene eigenthümliche Erſcheinung der **parallelen Sandſtreifen**, deren nirgends, meines Wiſſens, Erwähnung gethan wird. Man kann ſie auf ſehr große Strecken hin längs der Mittelmoränen verfolgen, und ſie ſcheinen durch die combinirte Wirkung der Breiten-Ausdehnung der mit Trümmer bedeckten Eismaſſen und der allgemeinen Maſſenbewegung bedingt zu ſein. Die kleinen zerſtreuten Sandkörner ſuchen parallele Längsſtreifen zu bilden, welche oft zu Rinnen und Kanäle für die kleinen Gletſcherrieſel werden.

Nirgends habe ich dies Phänomen auffallender entwickelt geſehen, als im Jahr 1838 auf dem Eismeer von Chamouni; auch auf dem Unteraar habe ich es beobachtet und habe mich hier in meiner Meinung beſtärkt, als ich zur Seite der Hauptguffer eine kleine Gufferlinie ſah (Taf. 14), welche ſich von ihr auf dieſelbe Weiſe abgetrennt zu haben ſchien, wie die Sandſtreifen.

Die **Blockdecken**, deren ich im Anfange dieſes Kapitels Erwähnung gethan habe, finden ſich auf ſtark begufferten Gletſchern, die ſich gegen ihr Ende hin verſchmälern. Die Moränen breiten ſich dann über die ganze Gletſcherfläche aus, und bedecken dieſe oft auf einer ſehr weiten Strecke. Nur auf wenig zerklüfteten Gletſchern mit geringem Falle kann ſich dieſe Erſcheinung finden; denn die Blöcke würden, ſtatt eine zuſammenhängende Decke zu bilden, in die offenen Schründe fallen, wenn, wie dies meiſtens der Fall iſt, der Gletſcher an ſeinem Thalende ſehr zerriſſen und zerſpalten wäre. Die Blockdecken ſind demnach nichts Anderes, als durch Ver-

engerung des Gletſchers zuſammenfließende Moränen; da aber dieſer Zuſammenfluß nur ſehr allmählich geſchieht, und die Gletſchermitte, wie natürlich, zuletzt bedeckt wird, ſo ſieht man meiſtens einen langen weißen Mittelſtrich, der ſich, ſpitz endend, zwiſchen den dunklen Flächen der Blockdecken hinzieht, und man könnte von weitem glauben, der Gletſcher ende ſich in einer ſolchen Spitze, während er ſich noch oft weit unter der Blockdecke hinzieht. Die Blockdecken ſind nie, wie ſonſt die Moränen, wallförmig über die Gletſcherfläche erhaben, ſondern bieten im Gegentheil eine ziemlich gleiche Fläche, oft mit leichter Einſenkung gegen die Mitte hin, dar, während auf den unbedeckten Gletſchern ſtets die Mitte gewölbartig erhoben und die Seiten abgeflacht erſcheinen.

Bis jetzt habe ich nur auf zuſammengeſetzten Gletſchern die Blockdecken beobachtet. Ausgezeichnet ſchön ſieht man eine ſolche Decke auf dem großen Zmuttgletſcher im St. Nikolausthale im Wallis entwickelt. Die Oberfläche dieſes aus fünf einfachen zuſammengeſetzten Gletſchers, iſt eine Viertelſtunde weit durchaus verdeckt, und erſt am Gletſcherende unterſcheidet man die einzelnen Moränen, aus welchen die Decke zuſammengeſetzt iſt. Rechts finden ſich meiſt Blöcke von Gabbro und granitiſchem Geſtein, welches von Weitem eine bläuliche Farbe zeigt, während links die aus Serpentin gebildeten Trümmer mit ihrer durch Oxydation an der Luft gebildeten röthlichen Farbe ſich auszeichnen. In der Gletſchermitte ſind beide Felsarten bunt durcheinander gemengt. Die größte Blockdecke ohne Zweifel aber hat der Unteraargletſcher, und man

würde während der halben Stunde, welche man auf dieſen Trümmern marſchiren muß, nicht ahnen, daß ſie auf Eis ruhen, träfe man nicht hie und da einen Schrund an.

Die Endmoränen, welche die Bewohner des Berner-Oberlandes ſo bezeichnend Gletſcherſchutt nennen, unterſcheiden ſich von den Guffern und Gandecken durch die Eigenthümlichkeit, daß ſie nie auf dem Gletſcher ſelbſt ruhen; es ſind gürtelförmige Wälle, welche ſich vor dem Gletſcher bilden, und die er bei ſeinem Vorſchreiten vor ſich herſchiebt. Meiſt bilden die Endmoränen nur den Schließungsbogen, wodurch ſich die beiden Gandecken vor dem Gletſcherende mit einander vereinigen (ſ. Taf. 10); doch muß dieſer Zuſammenhang nothwendig unterbrochen werden, wenn der Gletſcher ſich zurückzieht, während er beim Vorgehen wieder hergeſtellt wird. Iſt der Gletſcher im Rückzug begriffen, ſo bildet ſich jedes Jahr eine neue Endmoräne, die ſo lange ihren Platz behauptet, bis das erneuerte Wachsthum des Gletſchers ſie wieder mit dem alten Endwalle zuſammenſchiebt. Gletſcher, welche in ſtetem Rückzuge begriffen ſind, werden deßhalb eine Menge concentriſcher Endmoränen hinterlaſſen, deren Zahl und Lage den Punkten entſpricht, wo der Rückzug längere Stillſtände gemacht hat. Im Kapitel über die alten Moränen werden wir ſehen, von welchem großen Nutzen die Erkenntniß dieſer alten Endgürtel für die Beſtimmung der ungeheuren Ausdehnung der Gletſcher früherer Zeiten geweſen iſt.

Die Endmoränen verdanken theilweiſe ihre Entſtehung den Trümmern, welche von der Oberfläche der Gletſcher

herabfallen und man ſieht nicht ſelten an ſchönen Sommertagen große Blöcke von dem Thalende ſich losreißen und über die Eiswände hinab zu dem Schutt an dem Fuße des Gletſchers rollen. Größtentheils aber bildet ſich die Endmoräne aus allen beweglichen Maſſen, welche er beim Vorrücken auf den Felsgrund vor ſich herſchiebt, ſo wie aus dem Trümmerſchutt, welcher zwiſchen dem Gletſcher und dem Boden, auf dem er ruht, ſich befindet. Dieſer Trümmerſchutt beſteht aus den Blöcken, welche in Spalten gefallen, auf dem Thalboden liegen geblieben, und beim Vorwärtsſchreiten des Gletſchers durch den gewaltigen Druck der Eismaſſen gegen den Felsgrund des Thales zerrieben worden ſind. Oft ſind die Endmoränen faſt nur aus ſolchen zerriebenen Maſſen zuſammengeſetzt, die ſich ſelbſt zum Ackerbau eignen, und wir haben verfloſſenes Jahr auf dem Schutt des Gletſchers vom Zermatt ein Kartoffelfeld geſehen, das nur wenige Schritte vom Gletſcher entfernt war. Es war eine ſehr leichte Erde, welche ſich von der gewöhnlichen Pflanzenerde durch die Menge glänzender Glimmerblättchen unterſchied, welche von zerriebenen Blöcken von Granit und Glimmerſchiefer herrührten. Der obere Grindelwaldgletſcher kann auch denjenigen beigezählt werden, welche am meiſten Schutt vor ſich her ſchieben, und man ſieht deutlich, wie ſehr die mehrere Zoll dicke Schicht zu dem mächtigen Gürtel beigetragen hat, der ſein unteres Ende umſchließt.

Zahl und Mächtigkeit dieſer Endmoränen wechſelt ins Unendliche; viele, ſtark begufferte Gletſcher, wie z. B. der Unteraargletſcher, zeigen nur ſehr ſchwache, andere

ungemein bedeutende Schuttgürtel. Die ſchönſte Endmoräne, die ich kenne, hat der Vieſchgletſcher; ich habe ſie auf Taf. 9 abgebildet; ein hoher Ringwall, durch welchen ſich der Bach einen Ausweg gebrochen hat, umſchließt ſein Ende, und an mehreren Orten hat er mehr als 30 Fuß Höhe bei beträchtlicher Breite.

Neuntes Kapitel.

Die Gletſchertiſche.

Gerade die beſuchteſten Gletſcher, wie die von Grindelwald, Roſenlaui und die von Chamouni größtentheils entbehren dieſer merkwürdigen Erſcheinung, obgleich auch ſie bedeutende Blöcke tragen. Die Touriſten und Landſchaftsmaler ſind deshalb, mit wenigen Ausnahmen, einem Gegenſtande fremd geblieben, der gewiß für Feder und Pinſel mehr, als viele andere Phänomene der Gletſcherwelt, fruchtbaren Stoff dargeboten hätte.

Die Gletſchertiſche finden ſich meiſtens in der Nähe der Gufferlinien oder am inneren Rande der Gandecken, ihre Größe wechſelt in den verſchiedenſten Verhältniſſen, und ich habe welche geſehen, welche 20 Fuß Länge auf 10—12 Fuß Breite hatten, während andere kaum 2—3 Quadratfuß Fläche beſaßen. Es ſind meiſtens breite Platten oder mehr oder minder zuſammengedrückte Felsblöcke, welche auf einem Eisfuße ruhend, die Geſtalt eines Theetiſches ziemlich gut nachahmen. Auf Taf. 14 habe ich

mehrere einzelne Tiſche des Unteraargletſchers abbilden laſſen und Lory, der bekannte ſchweizeriſche Landſchafts- maler, hat in ſeiner Sammlung ſchweizeriſcher Anſichten eine vortreffliche Aquarellzeichnung der Tiſche deſſelben Gletſchers gegeben, wie ſie im Jahre 1820 ſich darſtell- ten. Lory's Gemälde ſtellt mit unübertrefflicher Wahr- heit den großartigen Eindruck dieſer ſeltſamen Erſchei- nung dar.

Die Bildung dieſer Tiſche beruht auf einem ähnlichen Grunde, wie die Erhöhung der Moränen über der Glet- ſcherfläche, wovon im vorigen Kapitel die Rede geweſen. Als gute Wärmeleiter ſchmelzen die vereinzelten Blöcke, welche ſich auf dem Gletſcher finden, das Eis in der Um- gebung ihrer Ränder; zugleich aber verhindern ſie durch ihr Volumen den Einfluß der atmosphäriſchen Agentien auf die von ihnen bedeckte Fläche und erhöhen ſich dadurch allmählich um eben ſo viel, als die umgebende Eisfläche durch Verdunſtung und Abſchmelzung verliert. Iſt daher, je nach dem Temperaturſtande dieſer Verluſt bedeutend, ſo erlangt auch der Gletſchertiſch eine verhältnißmäßige Höhe. Je mehr er aber ſich erhebt, deſto größeren Spielraum gewinnen Sonne und Wind auf die Eisſäule, die ihm zum Fuße dient. Die Seiten der Säule verdunſten, ſie wird ſchmäler und ſchmäler, bis ſie endlich das Gewicht des Blockes nicht mehr zu tragen vermag, zuſammenbricht und den Block auf die Gletſcherfläche fallen läßt, wo ſich daſſelbe Spiel ſo lange wiederholt, bis der Stein die Moräne erreicht und ſich dieſer anſchließt. Ich ſah dieſes Jahr (1840) auf dem Unteraargletſcher einen 15 Fuß

langen, 12 Fuß breiten und 6 Fuß hohen Block von ſei-ner Säule losgleiten und 30 Fuß weit rutſchen, indem er die Oberfläche des Eiſes über die er dahin glitt zu Staub rieb. In den oberen Regionen der Gletſcher, und insbe-ſondere auf der Grenze des Firns, nämlich da, wo die Moränen aufzutauchen beginnen, werden die kleinſten Blöcke zu Tiſche, welche ungefähr ½ Fuß über die Eis-fläche ſich erheben. Auf dem Lauteraargletſcher ſahe ich deren viele, welche nur wenige Zoll lang und kaum einen Zoll dick waren.

Man hat noch keine Beobachtungen über die Zeit welche ein Gletſchertiſch braucht um alle genannten Phaſen ſei-ner Entwicklung zu durchlaufen; man dürfte auch ſchwer-lich, meiner Ueberzeugung nach, zu beſtimmten als Regel aufſtellbaren Reſultaten in dieſer Beziehung gelangen, da die ganze Erſcheinung nur von der ſo wechſelnden Witterung abhängt. Wohl aber kann man dieſe Tiſche mit dem beſten Erfolge zur Beſtimmung der Maſſenab-nahme, welche der Gletſcher an ſeiner Oberfläche durch Verdunſten und Schmelzen erleidet, benutzen. Ich habe mehrere Beobachtungsreihen zu dieſem Zwecke begonnen, welche ich alljährlich zu verfolgen denke, und ich hoffe auf dieſe Art mathematiſch darthun zu können, daß der größte Theil des Waſſers, welches aus den Gletſchern fließt, von der Oberfläche und nicht von der Abſchmel-zung der Unterfläche herſtammt. So beobachtete ich die-ſes Jahr, nahe bei meiner Hütte auf dem Unteraarglet-ſcher, einen Tiſch, deſſen Säule 12 F. im Umfang hatte, und in zweimal 24 Stunden um 3 F. dünner wurde.

Bei vielen Gletſchertiſchen iſt die Säule nur auf der Südſeite ausgebildet und die meiſten ſogar (wie z. B. der dritte Tiſch zur Linken der großen Moräne Taf. 14) ruhen mit ihrem nördlichen Rande auf der Oberfläche des Gletſchers ſelbſt. Der einfache Grund hierfür iſt der, daß auf der Nordſeite, wo der Block ſelbſt das Eis vor den Sonnenſtrahlen ſchützt, die Verminderung deſſelben weit geringer iſt, als gegen Süden, wo die Sonne mit aller Kraft ihren zerſtörenden Einfluß ausübt. Dies iſt auch die Urſache, warum die meiſten Gletſchertiſche auf der Südſeite herunterſtürzen. Das Gleichgewicht wird hier geſtört und der Stein ſtürzt.

Selten ſieht man Tiſche am Thalende des Gletſchers; ſie finden ſich nur da, wo der Fall ſehr gering iſt; in großer Zahl meiſtens in der Nähe der Mittelmoränen, und beſonders da wo dieſe etwas ſteil ſind. Die Blöcke derſelben gleiten alsdann auf der Abdachung der Moränen und werden auf dem reinen Eiſe zu Tiſche. Die meiſten ſah ich auf dem Unteraargletſcher, da wo die große Mittelmoräne ſich der rechten Seitenmoräne nähert, in einer Höhe von 6500 Fuß; auf dem Zermattgletſcher, wo ſie in großer Schönheit und Zahl entwickelt ſind, und auf dem St. Theodulgletſcher findet man ſie nicht unter 7000 F. Meiſtens trifft man, da wo Tiſche ſind, nur wenige Spalten an, doch ſchließen ſich beide Erſcheinungen nicht gegenſeitig aus und Hugi hat offenbar Unrecht wenn er behauptet*), ein Schrund ſetze ſich nie unter einem Tiſch

*) Hugi, Naturhiſtoriſche Alpenreiſe. S. 359.

hindurch fort, ſondern umgehe ſtets ſeinen Fuß; ich habe auf dem St. Theodülgletſcher, am Fuße des Matterhorns und auf dem Unteraargletſcher große Tiſche geſehen, deren Säule durch einen Schrund der ganzen Länge nach geſpalten war.

Zehntes Kapitel.

Die Schuttkegel.

Man ſieht öfters auf der Oberfläche der Gletſcher kleine kegelförmige Erhebungen von Sand, vollkommen wie große Maulwurfshügel. Beim erſten Anblick kann man kaum der Verſuchung widerſtehen, ſie mit dem Fuße oder dem Stocke umzuſtoßen, ſo leichtfertig gebaut erſcheinen ſie. Allein ſie widerſtehen dem ſtärkſten Stoß. Man erſtaunt über dieſe Härte, tritt näher, unterſucht und überzeugt ſich endlich, daß es ein außerordentlich feſter Eiskegel iſt, von einer Sanddecke überzogen, den wir für einen loſen Sandkegel gehalten hatten. Bald, bei weiterer Unterſuchung dieſer Schuttkegel, wie ſie genannt werden, ergibt ſich auch folgende, ganz natürliche Erklärung der ſonderbaren Erſcheinung.

Alle Welt weiß, daß auf den Pfaden, welche man im Winter bei Glatteis mit Sand oder Heckſel beſtreut, um das beſchwerliche Fortkommen zu erleichtern, das Eis ſich weit länger unter dieſer Sanddecke erhält, als in der Umgebung, wo es nicht bedeckt iſt, und daß, wenn der

Schnee daneben ſchon längſt verſchwunden, die Pfade ſich über den Boden erhöht befinden, weil der Sand das unter ihm befindliche Glatteis vor Verdunſten und Schmelzen geſchützt hat. Ganz auf dieſelbe Weiſe verhält es ſich auf den Gletſchern: der Sand, der dieſe Kegel bedeckt, hatte ſich vorher in Löchern geſammelt, wohin das Waſſer, welches auf der Gletſcherfläche rieſelt, ihn geſchwemmt hatte. Findet nun das im Loche ſich ſammelnde Waſſer einen Ausweg durch eine Spalte oder ſonſt auf eine Art, ſo bleibt der Sand trocken im Loche liegen. Nun ſchützt er im Kleinen ganz auf dieſelbe Weiſe, wie die großen Blöcke das unter ihm befindliche Eis vor dem Einfluſſe der Atmosphäre, dem Schmelzen und Verdunſten; der Grund des Loches gleicht ſich mehr und mehr mit der Gletſcherfläche aus und erhebt ſich allmählich über dieſelbe empor. Begreiflicher Weiſe aber iſt der Mittelpunkt dieſer emporgehobenen Sanddecke mehr geſchützt als die Seiten, wo die atmosphäriſchen Agentien noch einigen Zutritt haben; er hebt ſich kegelförmig hervor. Die Seiten des Kegels werden immer ſteiler, ſeine Baſis nimmt immer mehr ab, je länger der zerſtörende Einfluß der Atmosphäre einwirkt. Die kleinen Sandkörner haften endlich nicht mehr an den ſteilen Eiswänden, löſen ſich los, rollen herab und bald iſt nun der ganze Kegel verſchwunden und der übrigen Oberfläche gleich gemacht, wenn einmal die nackten Eiswände der Luft Preis gegeben ſind. Die kleinen, losgelöſten Kieſel und Sandkörner, welche nun nicht mehr eine zuſammenhängende Decke bilden, üben einen ganz entgegengeſetzten Einfluß auf das Eis aus. Sie

erhitzen ſich, als undurchſichtige Körper, an der Sonne mehr, als das helle Eis, ſchmelzen dies und ſinken in dasſelbe ein und ſo findet man oft eine große Menge kleiner Steine in Eislöchern da, wo man einige Tage vorher einen Schuttkegel angetroffen hatte. Man kann auf einem und demſelben Gletſcher alle Phaſen ihrer Entwicklung verfolgen, und ſie tragen ſo nicht wenig zu dem ſteten Wechſel bei, welcher der Gletſcheroberfläche ſo viel Anziehendes, aber auch ſo viel Beſchwerliches verleiht.

Die Schuttkegel ſind eben ſo ſelten als die Gletſchertiſche und weniger den Naturforſchern bekannt. Unter den Gletſchern, die ich kenne, zeichnen ſich beſonders der Unteraar- und der Zermattgletſcher durch die Menge, womit ihre Oberfläche beſäet iſt, vor allen übrigen aus. Wie die Gletſchertiſche, mit denen übrigens ihre ganze Erſcheinung und Entwicklung viele Aehnlichkeit hat, finden ſie ſich mehr im oberen Theile der Gletſcher bei geringem Falle des Bodens und ziemlich allgemein längs den Rändern der Gufferlinien, aus welchen die kleinen Bächlein den zu ihrer Entſtehung nothwendigen Sand herſchwemmen. Die Größe dieſer Schuttkegel iſt ſehr verſchieden. Manche haben nur 5—6 Zoll in der Länge und in der Breite, während andere 6 — 10 Fuß lang und eben ſo breit ſind, bei einer Höhe von 4—5 Fuß.

So unbedeutend an ſich dieſe Schuttkegel erſcheinen mögen, ſo liefern ſie doch, wie die Moränen und Tiſche einen neuen Beweis für meine Behauptung, daß die Gletſcher größtentheils, wenn nicht allein, auf ihrer Oberfläche abſchmelzen.

Eilftes Kapitel.

Die Gletſcherbildung.

Die Bildung iſt nebſt der Bewegung, eine der ſchwierigſten Fragen, die wir zu behandeln haben. Um denjenigen meiner Leſer, welche die Gletſcher noch nicht ſelbſt zu beobachten Gelegenheit hatten, das Verſtändniß dieſer Kapitel zu erleichtern, wurden im Vorhergehenden die Gletſcher ihrer äußeren Erſcheinung nach beſchrieben, Form, Struktur, Ausdehnung behandelt und gezeigt zu welchen Erſcheinungen ſie Anlaß geben und wie die Außenwelt auf ſie einwirkt. So hoffe ich den Leſer in den Stand geſetzt zu haben, auch ohne perſönliche Kenntniß dieſer Eisgebilde, die Gültigkeit der Schlüſſe beurtheilen zu können, welche ich den verſchiedenen beobachteten Thatſachen entnehme; denn wie auch die Theorie ſie behandeln möge, die Thatſachen bleiben ſtets dieſelben, und die allgemeinen Geſetze, welche aus ihnen abgeleitet werden, können nur dann als ſolche angenommen werden, wenn ſie alle Thatſachen auf ungezwungene Weiſe vereinigen. Es verhält

ſich hier wie mit jeder andern Beobachtungswiſſenſchaft, die ſich zu höheren allgemeineren Schlüſſen erheben will; und wie man in der Entwicklungsgeſchichte die Bildungsgeſetze der einzelnen Weſen ſich nicht vollſtändig wird aneignen können, ohne vorher die Formen der einzelnen Organe, woraus ſich dieſe Weſen zuſammenſetzen, erkannt und die verſchiedenen Phaſen ihrer Entwicklung verfolgt zu haben, ſo wird man auch ſchwerlich die Entſtehung und Entwicklung der Gletſcher verſtehen können, wenn nicht vorher alle Erſcheinungen welche ſie bedingen, gekannt ſind.

Schon oben wurde angeführt, daß in den Hochregionen der Urſprung der Gletſcher zu ſuchen ſei; dort, auf den Eismeeren und den Felshörnern fällt die Maſſe ewigen Schnees, welche die unerſchöpfliche Quelle dieſer Eisſtröme bildet. Wie er fällt, iſt noch nicht hinlänglich ermittelt; Hugi, der ſo oft bei ſeinen kühnen Wanderungen im Berner Eismeere in Höhen von 10—12000 Fuß und mehr mit Sturm und Ungewitter zu kämpfen hatte, nennt das Schneien in jenen Hochregionen ein trocknes Schneeſtöbern, und auf dem Aargletſcher habe ich in einer Höhe von 7000 Fuß das Schneien ganz in derſelben Weiſe beobachtet. Bei den Aelplern findet man ziemlich allgemein die Anſicht verbreitet, der Schnee falle in derſelben körnigen Geſtalt, welche der Firn darbietet; ohne die Thatſache läugnen zu wollen, da ich nicht genug direkte Beobachtungen über den Gegenſtand habe, halte ich ſie doch für irrig, und glaube daß man die eigenthümliche Geſtalt des Firnes, die ſo ſehr auffällt, und

worin ſich der Schnee ſchnell umwandelt, der urſprünglichen Form ſubſtituirt habe; und überdieß haben mich meine diesjährigen Führer, Jacob Leutholb und Hans Währen, welche ſchon Hugi als zuverläſſige Leute kennen lernte, verſichert, daß ſie öfter flockigen Schnee in ſolchen Höhen haben fallen ſehen.

Sauſſure *) macht auf die große Häufigkeit des Hagels und des Reifes, welcher in den Hochregionen fällt, beſonders aufmerkſam, und zählt unter 140 Beobachtungen, die er von 2 Stunden zu 2 Stunden wiederholte, eine von wahrem Hagel und eilf von Reif auf; wahrſcheinlich verſteht er unter Reif (gresil) dasſelbe, was Hugi trockneſ Schneeſtöbern nennt. Die Sonne hat auf den Hochkuppen nicht hinlängliche Kraft, dieſen Schnee zu ſchmelzen; ſie erweicht nur ſeine Oberfläche, zuweilen jedoch ſo, daß man ihn ballen kann, welche Erfahrung wir auf der Strahleck gemacht, und dann bildet ſie im Nachtfroſt eine dünne, aber ziemlich feſte Kruſte, wie Glatteis. Sauſſure **) hat dieſe Erſcheinung auf dem Gipfel des Montblanc beobachtet und drückt ſich darüber folgendermaßen aus: „Erhebt ſich ein etwas ſtarker Wind, ſo zerreißt er die Kruſte, hebt ſie in ſchuppenförmigen Stücken auf und entführt ſie in die Lüfte. Der ſtaubförmige Schnee darunter fliegt noch leichter in großen Wolken auf und aus den benachbarten Thälern ſieht man eine Art Rauch oder Nebel, von dem Gipfel aus, dem

*) Voyages. Tom. IV. p. 384. § 2075.
**) Voyages. Tom. IV. p. 203. § 2013.

Windzuge folgen. Die Anwohner ſagen dann: Der Montblanc raucht ſeine Pfeife.“ Dieſelbe Erſcheinung haben wir bei unſerem Uebergange über die Strahleck an den Kämmen des Finſteraarhorns beobachtet. In ſolchen Höhen findet gewöhnlich kein Schmelzen, ſondern nur unmittelbare Verdunſtung des Schnees ſtatt; allein da gewöhnlich die Temperatur der Luft ſehr niedrig iſt, ſo kann auch die Verdunſtung nur gering ſein, und der Schnee müßte ſich ungeheuer anhäufen, wenn der Wind nicht den größten Theil in tiefere Regionen entführte. Ich habe mich in dieſem Jahre überzeugt, daß auch ſehr ſchwache Winde hinreichen, ſolche Wolken trockenen Schnees emporzuwirbeln.

Die Schmelzkraft der Sonne ſteht in umgekehrtem Verhältniß zur Höhe der Gebirge; doch iſt die Lage der Kuppen ſehr in Betracht zu ziehen; auf den Schneeflächen der nördlichen Abhänge ſteigt der Firn viel tiefer als ſolcher herab, während auf den Südabhängen er ſich viel eher in Gletſchereis umwandelt. Wie wir im dritten Kapitel weitläufiger ausgeführt haben, müſſen die hohen Plateaux und die Eismeere beſonders als die Wiege angeſehen werden, wo die Bildung der Gletſcher vor ſich geht. Ein Theil der jährlich dort niederfallenden Schneemaſſe verdampft, ſehr wenig nur fließt durch unterirdiſche Kanäle ab, der größte Theil verwandelt ſich durch Schmelzen der oberen Schichten in Eis, indem das Waſſer in die Tiefe hinabſinkt, und wie ein Mörtel, die einzelnen Firnkörner bei ſeinem Gefrieren zuſammen bäckt. So wird meiſtens, wenn nicht der ganze, doch der größte Theil

der Schneemaſſe, die jährlich dort fällt, zur Gletſcherbildung verwandt.

Dieſe Umwandlung des Schnees, dieſe Vereiſung iſt die Urſache, daß manche der hohen Alpenpäſſe, welche während des ganzen Jahres unzugänglich ſind, in den letzten Monaten des Sommers, Auguſt und September, gangbar werden. So kann z. B. der Sankt Theodulgletſcher auf dem Jacobspaß, zwiſchen Wallis und Piemont, ſonſt ſehr gefährlich, in dieſen Monaten ſelbſt mit Saumroſſen überſtiegen werden; denn, obgleich auch dann noch oft der Schnee nicht vollſtändig geſchmolzen iſt, ſo iſt doch der Froſt der Nacht ſtark genug um eine hinlängliche Decke darüber zu bilden, welche Morgens, ehe die Mittagshitze ſie aufgeweicht, ohne Gefahr betreten werden kann.

Der Schnee, welcher während des Winters auf das Thalende der Gletſcher fällt, trägt wenig zu ihrer Vermehrung bei. Meiſt ſchmilzt er, ohne ſich nur in Eis umwandeln zu können, und deshalb findet man im Frühjahr, wenn er in den niederen Alpenthälern weggeſchmolzen iſt, die Blöcke auf der Gletſcherfläche eben ſo frei von Eis, als man ſie im Herbſt verlaſſen, während, wenn er zur Bildung oberflächlicher Eisſchichten verwendet würde, die Blöcke ſich im Eis vergraben finden müßten, wie es auch in der That in den höheren Gletſcherregionen der Fall iſt.

Die Höhenlinie, in welcher Schnee und Firn in Gletſchereis ſich verwandeln, iſt, wie oben bemerkt, durchaus nicht conſtant und wechſelt in den verſchiedenen Gletſchern

ſowohl, wie an einem und demſelben Gletſcher, je nach den Jahreszeiten, ins Unendliche. Auf den nach Süden hinabſteigenden Gletſchern, wo die Sonne weit kräftiger wirkt, ſteigt dieſe Linie weit höher hinauf als auf den Gletſchern der Nordſeite des Gebirges; war der Winter ſehr ſchneereich, und die Witterung des Frühlings ſehr wechſelnd zwiſchen Wärme und Kälte, ſo hat der Schnee nicht Zeit zu ſchmelzen, ſondern verwandelt zum Theil ſich in Eis, welches mit der geſammten Gletſchermaſſe thalabwärts rückt.

Eine Erſcheinung, welche ſehr zu Gunſten unſerer Anſicht, daß die Gletſcher hauptſächlich in den Hochregionen, in der Nähe und über der ſo wechſelnden Firnlinie ſich bilden, ſpricht, ſind die, oft ziemlich anſehnlichen grünen Flecke, die man ſo häufig auf ſehr bedeutenden Höhen in Mitte der Eisfelder antrifft, und welche doch nie von den Gletſchern bedeckt werden, obgleich ſie zuweilen ſelbſt über der Schnee- und Firnlinie ſich finden. Sie werden von den Alpenbewohnern ſehr bezeichnend Gärtchen genannt. Wäre es richtig, was man behauptet, daß das Gletſchereis aus dem gefallenen Winterſchnee auch in tieferen Regionen ſich da bildet, wo er gefallen, ſo muß es unbegreiflich erſcheinen, warum ſich nicht auf dieſen Gärtchen auch Gletſchereis bildete, da doch auf dieſer eben ſo viel Schnee fällt, als auf den benachbarten Stellen und in den weit tieferen Thälern, die vom Gletſcher bedeckt ſind. *)

*) Man könnte geneigt ſein, dieſen Unterſchied dem erkältenden Einfluß des darunter liegenden Gletſchereiſes zuzu-

Warum aber, wird man fragen, bilden ſich keine Gletſcher tiefer als in der Firnregion, wo doch auch die oberen Schneeſchichten ſchmelzen und in der Nacht wieder gefrieren? Alle Bedingungen zur Gletſcherbildung ſind ja dann erfüllt und dennoch entſtehen keine Gletſcher?

Ich bin weit entfernt läugnen zu wollen, daß man nicht oft an Orten Schnee und ſelbſt Eis trifft, wo im vorigen Jahre Nichts der Art vorhanden war. Oft ſogar zeigen die Führer auf einzelne, in bedeutender Höhe zerſtreute Schneeflecken mit dem Bemerken: Nächſt Jahr gibt's da einen Gletſcher. Indeſſen bilden ſich ſolche neue Gletſcher nur ſehr ſelten und auch dann nur in der Nähe der Firnregion. Sauſſure's Meinung, die er, auch ohne Beiſpiele aufzuführen, hierüber abgibt, ſcheint mir vollkommen richtig. Er ſagt § 540 ſeiner Voyages dans les Alpes:

„Wenn gegen das Ende eines ſchneereichen Winters eine große Lawine an einem Orte liegen bleibt, deſſen Höhe und Lage ſie vor der zerſtörenden Wirkung der Südwinde und der Sonnenhitze ſchützt, und wenn der folgende

---

ſchreiben, und in der That glaubte Sauſſure, daß ſogar der Schnee, welcher auf dem unteren Theil der Gletſcher fällt, ſich in Eis verwandle, und er ſchreibt irrthümlicher Weiſe dieſem Umſtande die Bildung der Mittelmoränen zu (ſ. S. 100). Indeß würde das Gletſchereis auf die Vergletſcherung des winterlichen Schnees ſchon aus dem Grunde wenig Einfluß haben, weil in den Frühlingsmonaten, wo meiſtens dieſer Schnee wegſchmilzt, die Temperatur von ſelbſt jede Nacht unter 0 fällt.

Sommer nicht ſehr warm iſt, ſo hat dieſe Schneemaſſe nicht Zeit, zu ſchmelzen; ihre Oberfläche, von Waſſer durchtränkt, verwandelt ſich in Eis, und Schnee und Eis werden da ausdauern, wo früher ſie im Sommer verſchwanden. Der folgende Winter bringt neuen Schnee, und die vermehrten Maſſen widerſtehen um ſo beſſer der Wärme des nächſtfolgenden Sommers. Folgen ſo mehrere ſchneereiche Winter und kalte Sommer unmittelbar aufeinander, ſo werden ſich Gletſcher an Orte bilden, wo man früher keine ſah."

Ich habe kleine Gletſcher dieſer Art am Nordabhange des Matterhorns in einer Höhe von etwa 8000 Fuß geſehen, oberhalb welchen ein großer Firnfleck ſich fand, deſſen körnige Oberfläche kaum feſt genug war, um uns das Hinabgleiten zu geſtatten. Dieſe Gletſcherchen, die mir nicht gar alt ſchienen, ruhten auf einem gleichförmigen Grund und hatten nur geringe Dicke; ihr Eis war loſer als das der großen Gletſcher, und der Einfluß der warmen Jahreszeit auf ſie, ſoll, nach Ausſage der Führer, weit bedeutender ſein, als auf große Gletſchermaſſen.

Meine Anſicht, daß der Hochfirn und namentlich die Eismeere die wahre Wiege der Gletſcher ſeien, aus welchen ſie herabfließen um das Uebermaß der dort ſich anhäufenden Schneemaſſen zu Thal zu fördern, und daß nur unter dem Einfluſſe einer höheren Temperatur und Wechſel zwiſchen Kälte und Wärme ihr Eis ſtets zunehme an Feſtigkeit und Maſſe, kann durch die Entſtehung ſolcher Gletſcherbaſtarde, möchte ich ſagen, durchaus nicht geſchwächt werden. Ein weiterer Beweis für Richtigkeit

dieſer Anſicht, iſt die ſtete Zunahme des Gletſcherkorns oder der ſogenannten Gletſcherkryſtalle, je weiter man ſie dem Thalende zu unterſucht, wie dies im Kapitel von der Struktur weitläufiger erwähnt wurde.

Den ſchlagendſten Beweis endlich liefert die Gletſcherbewegung. Würde ſich der Schnee, welcher im Winter auf ſie fällt, in den unteren Gegenden eben ſo gut in Eis verwandeln, als in den Eismeeren, ſo müßten ihre Thalausgänge einen weit bedeutenderen Umfang erreichen, da zu dem Eis, welches ſich aus dem auf ſie gefallenen Schnee bildete, noch außerdem die aus den Eismeeren ſich herabſenkenden Maſſen hinzukämen, während gerade das Thalende der Gletſcher meiſt nur eine geringe Mächtigkeit im Vergleich zu den höher befindlichen Maſſen beſitzt.

Zuweilen bedingen Gletſcherſtürze aus höheren Regionen die Entſtehung neuer Gletſcher im Thale, welche man ſekundäre nennen könnte. Der Schwarzwaldgletſcher bietet ein auffallendes Beiſpiel dieſer Art dar. Sein oberer Theil ruht auf dem Gipfel der Wetterhörner, und da die Wände dieſer Kuppe ſehr ſteil gegen die große Scheideck hin abfallen, ſo brechen ſtets große Eisblöcke dort los, welche im Herunterſtürzen gänzlich zerſplittern und zerbröckeln, und lange weiße Streifen, ganz vom Ausſehen des Schnees, bilden; man könnte ſie ſehr leicht für erhärteten Schnee halten, fände man nicht hie und da noch unverſehrte Eisblöcke, deren blauer Widerſchein ihren Urſprung verräth. Alle dieſe Gletſcherſtürze ſammeln ſich nach dieſem ſteilen Fall in geringer geneigten Maſſen an, verſchmelzen von neuem in ihren Fragmenten durch Auf-

thauen und Zuſammenfrieren, und werden ſo bald wieder zu einem zuſammenhängenden Gletſcher mit Seiten- und Endmoränen und Schründen, der durchaus nicht von einem gewöhnlichen Gletſcher unterſchieden werden kann. Jeder, welcher für die Gletſcher ſich intereſſirt, wird nicht ohne Nutzen dieſen kleinen, nur eine Viertelſtunde von dem Wege der großen Scheideck, zwiſchen Grindelwald und Meiringen, entfernt liegenden Gletſcher, beſuchen.

In ihren Grundzügen wurde die hier behauptete Anſicht der Gletſcherbildung ſchon von Simler, Scheuchzer und Sauſſure aufgeſtellt und hier nur ergänzt und erweitert. Gruner hatte ſich eingebildet die Hochthäler der Eismeere ſeien unten mit Waſſer erfüllt, worauf die Eis- und Schneemaſſen derſelben ſchwämmen. Dadurch nun, daß dieſe Eismaſſen den Abfluß in den Thälern, worein ſie ſich eindrängten, größtentheils verſtopften, ſo daß nur wenig Waſſer, als Gletſcherbach, unter den Eismaſſen durchflöſſe, ſtaue ſich das Waſſer der Eismeere auf, ſtröme über die die Thäler erfüllenden Gletſcher hinüber, erſtarre auf ihnen und bilde ſo neue Eisſchichten. Es genügt, dieſe Meinung anzuführen, um ſie widerlegt zu haben. Godeffroy ſtellt in einem ſo eben erſchienenen Buche die Anſicht auf, der Firn verwandele ſich einzig durch den Druck ſeiner oberen Schichten auf die unteren Maſſen in Eis. Dieſer Druck begünſtigt freilich, wie ſchon oben angeführt, die Eisbildung, reicht aber durchaus nicht an und für ſich dazu hin, und trockne Schneeſchichten, ſeien ſie auch noch ſo ſehr gehäuft, werden ſich nie durch das bloße Gewicht ihrer Maſſen in

Eis verwandeln können, wenn nicht flüſſiges Waſſer ſie durchtränkt. Flüſſiges Waſſer iſt eine nothwendige Bedingung zur Eisbildung und Jeder, der in ſeiner Jugend Schneeballen gemacht, wird wiſſen, daß auch durch den ſtärkſten Druck der Schnee noch nicht ſich in Eis verwandelt.

Die Unterſuchungen Leopold von Buch's über die Gränzen des ewigen Schnees im Norden *) laſſen keinen Zweifel, daß die Bildungsart der Gletſcher in den Polargegenden ganz dieſelbe ſei, wie in unſern Alpen, und Martins hat durch ſeine genauen Beobachtungen dasſelbe für die Gletſcher von Spitzbergen nachgewieſen. **) Nach Martins haben jene Gletſcher die größte Aehnlichkeit mit den Firnmeeren unſerer Alpen, ſind flach oder ſelbſt leicht ausgehöhlt, wie jene und nicht gewölbt, wie die Gletſcher in unſeren Thaltiefen; ihr Eis beſteht nicht aus großen, mit einander feſt verbundenen Fragmenten, und hat nicht die Derbheit des Gletſchereiſes im Thal. Alle dieſe Erſcheinungen werden leicht erklärlich, wenn man bedenkt, daß die mittlere Temperatur unſerer Firnmeere etwa gleich iſt derjenigen von Spitzbergen und daß das Gletſchereis erſt mit dem Hinabrücken in wärmere Thalregionen, ſeine eigenthümliche Geſtalt und Derbheit

*) Gilberts Annalen der Phyſik. Bd. 41.

**) Observations sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la suisse et de la Norwège par Ch. Martins. Bibliothèque univ. de Genève. 1840. No. 55. u. Bulletin de la Soc. géologique de France. T. XI. p. 282.

erlangt. Auch Scoresby *) in ſeiner Beſchreibung der Polargegenden erwähnt ausdrücklich, er habe Eis unter dem Schnee getroffen, welches ſich durch das Einſickern des, auf der Oberfläche, durch Aufthauen entſtandenen Schneewaſſers gebildet habe.

*) Scoresby, Account of the arctic regions. 1820.

Zwölftes Kapitel.

Die Bewegung der Gletſcher.

Eine Menge von Thatſachen beweiſen die ſtete Vorwärtsbewegung der Gletſcher der Thalneige nach, und ich brauche in dieſer Beziehung nur auf das, was oben über die Beweglichkeit der Gletſcherfläche und den Gang der Moränen ins Beſondere geſagt iſt, zu verweiſen. Die Moränen erreichen ihre größte Mächtigkeit am Thalende der Gletſcher, und wie ſchon oben angeführt, beweiſt die größere Anhäufung von Blöcken an den Stellen, wo die Thalwände am wenigſten trümmern, nämlich in den tieferen Thalregionen, daß der Urſprung der Moränen weiter oben geſucht und ein Vorrücken derſelben thalabwärts angenommen werden muß. Auch durch die unmittelbare Beobachtung kann dieſe Bewegung erwieſen werden, denn auffallend geſtaltete Blöcke, deren genaue Lage man beſtimmt, findet man einige Jahre ſpäter mehr oder minder weit von ihrer früheren Stelle thalabwärts, und Felsſtücke, die man heute oberhalb des Gletſcherthores auf der

Eismaſſe liegen ſieht, findet man nächſtes Jahr im Bette des Gletſcherbaches. Auch die Felsart der Blöcke, woraus die Moränen am Thalende der Gletſcher zuſammengeſetzt ſind, beweist dieſes Vorrücken; ſehr oft iſt ihr Geſtein ein ganz verſchiedenes von dem an der Thalwand anſtehenden, daher können ſie unmöglich von dieſer ſich losgeriſſen haben, ſondern müſſen anders woher ſtammen. Verfolgt man aber die Moräne bergauf, ſo findet man ſtets, in einer höheren Region, das Geſtein anſtehend, woraus die Blöcke gebildet und wo ſie losgeriſſen ſind. Faſt alle Gletſcher könnte man als Beweiſe dieſer Thatſachen aufführen; ich will nur einige erwähnen. Die Thalwände zwiſchen welchen der Roſenlauigletſcher ausläuft, beſtehen aus ſchwarzem Kalkſtein, während ſeine Gandecken aus Granitblöcken gebildet ſind, die von den benachbarten Kämmen des Wetterhorns ſtammen; die linke Gandecke des großen Zmuttgletſchers im St. Nikolausthale in Wallis iſt ein ſchöner Gabbro, die Thalwand des ganzen unteren Theils dagegen ein harter Serpentin; die granitiſche Gandecke des Zermattgletſchers ſtreicht längs den Serpentinwänden des Riffelhorns hinab; der Glacier des Bois endet mit granitiſchen Moränen in einem Thalbette aus Alpenkalk. *)

*) Godeffroy hat neuerdings (Notice sur les Glaciers, les Moraines et les Blocs erratiques des Alpes. p. 78. Godeffroy. Paris. Cherbuliez 1840.) behauptet, die Moränen entſtünden aus einem tertiären Trümmergeſtein, welches wie eine Decke, den Boden aller Alpenthäler bedecke und welches der Gletſcher, indem er mit ſeinem Kiele wie ein

Wollte man indeß auch alle dieſe Beobachtungen in Zweifel ziehen, ſo ſind doch folgende, am Unteraargletſcher angeſtellte, ſo unzweifelhaft, daß mir eine Einwendung dagegen unmöglich ſcheint. Ich wollte den Vereinigungspunkt des Finſteraar- und Lauteraargletſchers beſuchen, wo Hugi ſich im Jahre 1827 eine Hütte zum Nachtlager erbaut hatte. Wir hatten beinahe 4 Stunden auf der großen Guſſerlinie zurückgelegt, als wir plötzlich eine ſehr ſolid erbaute Hütte erblickten. Wir konnten nicht glauben, daß es die Hugiſche ſei, da dieſe, wie wir wußten, am Fuße des Felſens, welcher die beiden

Pflug hineinwühle, zu ſeinen Seiten und vor ſich aufdämme; ja zuweilen (vielleicht bei muthwilligen Sprüngen) ſich ſelber auf den beeisten Rücken werfe. Man begreift nach dieſer Theorie nicht, warum die Gletſcher noch jetzt Moränen haben, und wie es kommt, daß ſie auf den polirten Felsflächen, worauf ſie ruhen, noch immer Reſte der Godeffroyſchen Trümmerdecke aufſtöbern. Außerdem kann ich nicht einſehen, wie die oben angeführten Thatſachen mit Herrn Godeffroy's Moränentheorie ſich vertragen und wie ſie mit ſeinem tertiären Trümmerterrain, deſſen Kennzeichen und Urſprung er zu dem gar nicht angibt und das überhaupt nur gerade zur Bildung der Moränen erſchaffen ſcheint, ſich vereinigen laſſen werden. Und doch iſt es dieſe Moränentheorie, welche Herr Godeffroy den Muttergedanken ſeines Buches nennt, von dem ſeine übrigen neuen Ideen über die anderen Gletſcherphänomene (deren indeß nur höchſt wenige ſind) entſprungen, den Rocken, von welchem der Faden ſeiner Anſichten ſich abgeſponnen habe (S. 87)!

Gletſcher trennt, errichtet worden war, und wir noch eine bedeutende Strecke bis zu dem Felſen, der Im Abſchwung heißt, vor uns hatten. Zudem war die Hütte zu gut erhalten, als daß wir glauben konnten, ſie hätte 12 Jahr lang den Stürmen und Ungewittern, die ſo oft dieſe Regionen durchwüthen, in dieſem Zuſtande widerſtehen können; auch ſchien das Heu und Stroh, welches den Boden bedeckte, friſch dahin gebracht. Und doch war es die Hugiſche Hütte! Wir fanden unter einem kleinen Steinhaufen, welcher eine, auf einem ungeheuren Blocke zur Seite aufgepflanzte lange Stange aufrecht erhielt, eine zerbrochene Flaſche, worin Papiere verborgen waren. Dieſe Schriften lehrten uns, es ſei dies die Hütte, welche Hugi im Jahre 1827 am Fuße des Im Abſchwung errichtet habe. Von Hugi's eigener Hand war zugefügt, er habe die Hütte im Jahre 1830 wieder beſucht und ſie einige 100 Schritte von ihrer erſten Stelle entfernt gefunden; bei einem dritten Beſuche im Jahre 1836 ſei ſie 2200 F. vom Felſen entfernt geweſen. Ein drittes Blatt ſagte uns, mehrere Naturforſcher von Bern und Baſel hätten vor einigen Wochen die Hütte ausgebeſſert und da übernachtet, um früh Morgens den Uebergang über das Eismeer nach Grindelwald zu verſuchen, das ſchlechte Wetter habe ſie aber an der Ausführung ihres Vorſatzes verhindert. *) Wir maßen mit Hülfe

*) Daneben fanden wir einige Viſitenkarten mehrerer unſerer Neuenburger Freunde, welche kurz vor unſerer Ankunft der Hütte einen Beſuch abgeſtattet hatten.

eines langen Strickes den Abſtand vom Felſen und fanden ihn 4400 Fuß, folglich hatte der Gletſcher in den 3 Jahren von 1836 bis 1839, wo wir ihn beſuchten, eben ſo viel Weges zurückgelegt als in den 9 vorhergehenden von 1827—1836. Die jährliche Beobachtung des Vorrückens dieſer Hütte wäre von höchſter Wichtigkeit, und ich möchte alle Naturfreunde, welche die Grimſel beſuchen und ſich für ſolche Beſtimmungen intereſſiren, erſuchen, ihrer Seits die Gelegenheit zu ſolchen Beobachtungen nicht zu verſäumen. Der Weg iſt ſo wenig beſchwerlich, daß man zur Noth bis zur Hütte reiten kann; der große Granitblock, auf welchem man die Signalſtange aufgerichtet, iſt nur einige Schritte entfernt, ſo daß ſie ſehr leicht aufzufinden iſt. Ich habe im Fremdenbuche der Grimſel meine Beobachtungen und Meſſungen verzeichnet, um die Vervollſtändigung derſelben durch andere wiſſenſchaftliche Reiſende zu erleichtern. *)

Vielleicht wird es noch gelingen, den Weg zu beſtimmen, welchen die Moränen in einer gegebenen Zeit zurücklegen. Um aber allgemein gültige Geſetze hierüber aufſtellen zu können, müßte man lange Jahre hindurch

*) Dieſes Jahr (1840) fand ich die Hütte ſehr beſchädigt; ſie war ſeit dem Sommer 1839 um 200 Fuß weiter vorgerückt. Sollte ſie ganz verſchwinden, ſo wird man ſich immer nach dem großen Granitblock orientiren können. Ich ſelbſt baute mir etwas höher eine andere Hütte, unter einem großen Glimmerſchieferblock; ſie war im Auguſt dieſes Jahres 797 Metres vom Abſchwung entfernt.

an vielen Gletſchern Beobachtungen anſtellen, bei welchen ſowohl den mannichfaltigen Variationen der Atmosphäre, als der Lage, Geſtalt und Neigung der Gletſcher ſelbſt, Rechnung getragen werden müßte. Solche ausgedehnte Unterſuchungen überſteigen aber die Kräfte des Einzelnen; nur Akademien und gelehrte Geſellſchaften könnten ſie, nach Errichtung zweckmäßiger Obſervatorien, verſuchen.

Wäre demnach das Vorrücken der Gletſcher außer allen Zweifel geſtellt, ſo iſt es noch lange nicht die Art und Weiſe, wie dieſe Bewegung vor ſich geht. Man nahm bisher faſt allgemein an, die Gletſcher glitten durch ihre eigene Schwere thalab, und die Anhäufung der Gewäſſer in ihrem Thalbette begünſtige noch dies Gleiten. Es erſchien dieſe Annahme um ſo natürlicher, als jedes Gletſcherbett mehr oder minder geneigt iſt. Sauſſure hatte dies Gleiten behauptet, und ſeine Meinung hat ſchon deßhalb viele Vertheidiger, die nie die Alpen geſehen hatten, gefunden, weil man einmal gewöhnt war, alle Erklärungen und Hypotheſen, die der große Naturforſcher über die Alpen aufgeſtellt, auf Treu und Glauben anzunehmen. Die Thatſachen, welche Sauſſure zur Unterſtützung ſeiner Anſicht aufführt, haben gar keine Beweiskraft für dieſelbe, ſo überzeugend ſie auch ſcheinen mögen. Die ſo oft von ſeinen Nachfolgern wiederholte Beobachtung des Granitblockes, welcher ſich voran bewegte *),

*) Saussure, Voyage dans les Alpes. Bd. 1. § 538. S. 384. „Ich ging im Juli 1761, mit Peter Simon, meinem

beweiſt nur ein Vorrücken des Gletſchers, aber durchaus nichts für die Art und Weiſe, wie dies Vorrücken geſchieht.

Die zweite Thatſache, welche Sauſſure anführt, das Vorrücken der Moränen nämlich und des Gletſcherſchuttes, läßt ſich eben ſo wohl, wie die vorhergehende, aus der Ausdehnung des Eiſes und einer dadurch bedingten Bewegung, als aus einem Vorwärtsgleiten erklären, und Sauſſure hat demnach nur das Faktum des Vorwärtsrückens, nicht die Art und Weiſe deſſelben, durch unwiderlegliche Thatſachen bewieſen. *) Gruners Anſicht,

---

Führer, am Rande eines ſehr hohen Gletſcher im Weſten des Glacier des Pélerins, als ich einen Granitblock von beinahe kubiſcher Geſtalt und etwa 40 F. Durchmeſſer ſah, welcher auf den Trümmern am Fuße des Gletſchers ruhte und vom Gletſcher ſelbſt dort abgeſetzt worden war; eilen wir uns, ſagte Peter, das Eis, welches bis an den Stein reicht, könnte ihn verſchieben und zum Fall bringen. Kaum waren wir vorüber, ſo fing der Block an zu wanken; anfangs glitt er langſam über die Trümmer auf denen er ruhte, fiel dann vorwärts, fing an zu rollen und da der Abhang ſehr ſteil war, Sätze zu machen, die bald ungeheuer wurden; wo er aufſchlug, ſprangen Trümmer von ihm und dem Felsgrund hoch empor, welche hinter ihm drein rollten und einen wahren Strom von Felſtrümmern bildeten, der mit raſender Gewalt und furchtbarem Getöſe in die Baumwipfel eines Waldes einſchlug, welcher ihn aufhielt, nachdem er in wenig Minuten mehr als eine halbe Wegſtunde zurückgelegt hatte."

*) Man wird mir nicht zumuthen, die Theorien und Anſich-

welche große Waſſermaſſen den Gletſcher unterwühlen und ſo ihre Maſſen fortreißen läßt, verdient keine Widerlegung, und man begreift kaum, wie ſie ſo lange Zeit über die ſo richtige und einfache Erklärung Scheuchzers die Oberhand hat behalten können, welche ſpäter in Touſſaint von Charpentier einen ſo beredten Vertheidiger fand. Es gereicht dieſer Anſicht zu auffallender Unterſtützung, daß Charpentier, ohne zu wiſſen, daß ſie ſchon ein Jahrhundert vor ihm erläutert worden war, ſie von neuem und ſo übereinſtimmend mit ihrem erſten Begründer aufgriff. Wäre Gruners Meinung richtig, ſo müßten die Gletſchermaſſen ſchon längſt als Treibeis, den Eisinſeln des Nordmeeres ähnlich, die Meere erreicht und das Nord-, Mittel-, adriatiſche und ſchwarze Meer mit ſchwimmenden Eisbergen erfüllt haben, denn Jeder, der beobachtet hat mit welchem Ungeſtüm das Treibeis unſerer großen Flüſſe beim Eisgang vorwärts treibt, wird einſehen, daß das auf weit geneigterer Fläche als unſere Flußbette ſchwimmende Gletſchereis allmählich eine unberechenbare Geſchwindigkeit annehmen müßte.

Man wird vielleicht als Beweis für das Gleiten der Gletſcher die theilweiſen Einſtürze einiger derſelben anführen, welche für die Thäler in welche ſie ſich hinabſtürz-

ten einiger leichtgläubigen Schriftſteller weitläufig zu widerlegen, welche, auf die wunderbaren Erzählungen der Führer geſtützt, die Gletſcher Sprünge von 20 — 30 Fuß Länge machen laſſen. Die Verſchmitztheit der Führer geht ſelbſt zuweilen bis zur Erfindung wahrer Mythen.

ten, ſo unheilbringende Folgen hatten. Um zum Voraus dieſen Einwurf zu entkräftigen, glaube ich in die Einzelheiten dieſer Unglücksgeſchichten etwas näher eingehen zu müſſen.

Meiſt werden dieſe Gletſcherſtürze von einzelnen Eisblöcken oder Nadeln gebildet, welche durch Spalten von den übrigen Gletſchermaſſen getrennt, ſich losreißen und deren Gewicht, auf dem geneigten Boden, den Widerſtand überwältigt, welchen ihr Zuſammengefrorenſein mit dem Boden dem Falle entgegen ſetzt.

Als ſogenannte Eislawinen wiederholen ſie ſich faſt an allen Gletſchern*); allein man beachtet ſie nur, wenn ſie Verwüſtungen erregen, was beſonders dann geſchieht, wenn der ſteile Abhang eines Gletſchers hoch über das Thal, worin er endet, ſich erhebt. Die Ueberſchwemmung des Bagne-Thals im Wallis durch den Getrozgletſcher ſteht noch jetzt in friſchem Andenken. Dieſer Gletſcher endet an einer 500 Fuß hohen ſteilen Wand des Mont-Pleureur, und die hier ſtets ſich loßreißenden Eismaſſen, bilden bei ihrem Sturz eine Art Wall, der mehr oder minder den Abfluß der Dranſe ſtopft, deren Bett den Damm mitten durchſchneidet. Im Jahre 1815 ſammelten ſich dieſe Eismaſſen ſo an, daß ſie allmählich,

*) Während des Sommers ſieht man faſt täglich ſolche Eislawinen an dem Eismeer von Chamouni, der Jungfrau und dem unteren Grindelwaldgletſcher; an den Wetterhörnern bilden ſie ſogar, unten angelangt, einen neuen Gletſcher, den Schwarzwaldgletſcher (ſ. Kap. 11. S. 132.)

während der Jahre 1817 und 1818, einen Damm von 500 Fuß Höhe auf 800 Fuß Breite bildeten, der den Ausfluß vollkommen verhinderte. Das Gewäſſer ſammelte ſich dahinter zu einem großen See an, der plötzlich am 16. Juni 1818 den Damm durchbrach und, ein furchtbarer Strom, Schrecken und Verwüſtung bis nach Martigny hinab brachte. Schon im Jahre 1595 hatte dasſelbe Ereigniß dieſe Thäler verheert, und noch heute würden ſich dieſe Gletſcherſtürze wiederholen, hätte nicht Venetz den glücklichen Gedanken gehabt, durch Waſſerſtröme, die er auf den Gletſcher leiten läßt, dieſen gleichſam queer zu durchſägen, und ſo ſeine Ausdehnung zu beſchränken. *)

Aehnliche, von ſolchen Eislawinen gebildete Dämme finden ſich auch in Tyrol, und Hoffmann **) führt mehrere große Seen auf, wie z. B. den Rofner- und Gurglerſee, die faſt 4000 Fuß Länge haben, und durch ſolche Eismaſſen eingedämmt, bis jetzt ſtets ohne Schaden allmählich abgefloſſen ſind. Der Paſſeyer-See auf der Südſeite der Tyroler Alpen, gegen die Etſch hin, iſt ein ſolcher Eisſee; er entſtand im Jahre 1404 und hatte bis zum Jahre 1773 ſechsmal ſeinen Damm durchbrochen und jedesmal das Thal auf das Schauderhafteſte verwüſtet.

Zuweilen auch reißt das ganze Ende eines Gletſchers ſich los und ſtürzt in das Thal hinab. Mehrere Fälle

*) Naturwissensch. Anzeiger von Meissner. 1823. No. 11.
**) Physikalische Geographie. S. 290.

dieſer Art haben ſich in den Alpen ereignet und ſtets ſchreckliche Verheerungen angerichtet, beſonders dann, wenn der Gletſcher in bedeutender Höhe auf ſenkrechten Thalwänden ſich endigt; denn es iſt oft unmöglich, ihnen zuvorzukommen, und wie heftig die Stürze ſolcher Gletſcher ſind, kann man daraus entnehmen, daß durch den Luftdruck allein manchmal ganze Ortſchaften nieder geworfen wurden. Der Randagletſcher im St. Nikolausthale iſt zu wiederholten Malen zuſammengeſtürzt, und die alten Walliſer Chroniken erzählen viel von ſeinen furchtbaren Zerſtörungen Ueber den Sturz im Jahre 1819 am 27. December, ſagt der amtliche Bericht des Ober-Ingenieurs Venetz an den Regierungsrath des Kanton Wallis Folgendes: *)

„Das Dorf Randa befindet ſich 6 Stunden oberhalb Vispach, im rechten oder ſüdlichen Arme des Vispacherthales, welches unter dem Namen des St. Nikolausthales bekannt iſt. Das Dorf liegt ungefähr 2400 Fuß weit vom rechten Ufer der Visp, auf einem ziemlich abhängigen Schutthügel, deſſen ſteiniger Grund durch die Betriebſamkeit der Einwohner Randa's ganz in Wieſen umgeſchaffen iſt. Dieſem gegenüber liegt ein anderer Schutthügel, über welchen die mit dem Randagletſcher überdeckten Felſen ſtehen, deren höchſte Spitze, das Weißhorn genannt, ſich ungefähr 9000 Fuß über Randa erhebt. Die Breite des Thales in der Höhe des Dorfes

*) Naturwissensch. Anzeiger von Meissner 1820. No. 8.

(etwa 250 Fuß über dem Fluſſe) beträgt ungefähr eine halbe Stunde.

Am 27. December, früh Morgens gegen 6 Uhr, brach an einer gegen Oſt gekehrten, ſehr ſteilen Seite der oberſten Spitze des Weißhorns, ein Theil des darauflie-genden Gletſchers ab, ſtürzte mit donnerndem Getöſe auf die tieferliegenden Gletſchermaſſen herunter, und kündigte mit dem fürchterlichſten Krachen Verwüſtung im Thale an. In dem Augenblicke des Aufſchlagens des Schnees und Eiſes auf die untern Gletſchermaſſen, bemerkten der Herr Pfarrer des Orts, der Sigriſt und einige andere Perſonen eine große Helligkeit *) die jedoch ſogleich ver-ſchwand, indem alles wieder in finſtere Nacht zurück-kehrte. Ein entſetzlicher, durch den Druck der Luft be-wirkter Windſtoß erfolgte unmittelbar und richtete augen-blicklich die grauenvollſte Verheerung an.

Der Fall des Gletſchers an ſich ſelbſt hat das Dorf nicht berührt, aber der dadurch entſtandene Windſtoß war ſo mächtig, daß er Mühlſteine mehrere Klafter weit bergauf geworfen, in großen Entfernungen die ſtärkſten Lerchtannen aus den Wurzeln geriſſen, Eisblöcke von 4 Kubikfuß bis über das Dorf, folglich eine halbe Stunde

*) Es wäre ſehr zu wünſchen, daß uns dieſe, ſo viel wir wiſſen, bei ähnlichen Fällen noch nicht beobachtete Erſchei-nung, die bei der nächtlichen Finſterniß viel zu auffallend war, als daß eine Täuſchung dabei ſtatt gehabt haben könnte, auf eine genügende Art erklärt würde.

— Venetz.

weit geſchleudert, die Spitze des ſteinernen Glockenthurmes abgeworfen, Häuſer bis an die Keller abgeriſſen und das Holz vieler Gebäude über eine Viertelſtunde weit über das Dorf hinauf in den Wald geführt hat. Acht Ziegen wurden aus einem Stalle mehrere 100 Klafter weit geſchleudert, und eine davon, ſeltſam genug, lebendig wieder gefunden. Mehr als eine Viertelſtunde oberhalb des Thales ſieht man die dem Gletſcher gegenüberſtehenden Scheunen abgedeckt.

Ueberhaupt ſind 9 Häuſer des Dorfes gänzlich zerſtört und die 13 übrigen alle mehr oder weniger beſchädigt; 18 Speicher, 8 Stöcke, 2 Mahlhaufen, 72 Scheunen ganz umgeworfen oder ſo zerſtört, daß man ſie für unbrauchbar anſehen muß. Folglich ſind Ernte und Lebensmittel für Volk und Vieh faſt gänzlich verloren. Von 12 verſchütteten Perſonen ſind 10 lebend, die eilfte todt hervorgezogen worden, die zwölfte hat man nicht wieder gefunden.

Der Gletſcherſchutt aus Schnee, Eis *) und Steinen beſtehend, bedeckt die unterhalb dem Dorf gelegenen Ländereien und Wieſen auf einer mittleren Länge von wenigſtens 2400 Fuß und 1000 Fuß mittlerer Breite. Die abgefallene Maſſe hat im Durchſchnitt wenigſtens 150 F. Höhe,

*) Hr. Venetz bemerkte an den herabgeſtürzten Blöcken, daß ſie größtentheils aus einem Gemiſch von Eiskörnern und altem Schnee beſtunden. Es ſcheint alſo, der Gletſcher habe in einer ſolchen Höhe angeſtanden, wo der Schnee nur ſelten mehr zu ſchmelzen anfängt.

der ganze Schutthaufen enthält demnach 360,000,000 Kubikfuß. Nach einem flüchtigen Ueberſchlage kann der Schaden ungefähr 20,000 Franken betragen.

Ein bei dieſem Ereigniſſe höchſt ſonderbarer Umſtand iſt der, daß einige Scheunen, die auf der andern Seite unter dem Gletſcher ſtanden und vom Schutte beinahe bedeckt wurden, unbeſchädigt geblieben und folglich dem Windſtoße gar nicht ausgeſetzt geweſen ſind. Aber noch unbegreiflicher iſt es, daß nicht mehr als zwei Perſonen das Leben eingebüßt haben, da doch einige Familien ſamt den Häuſern fortgetragen und in deren Schutt und im Schneegeſtäube begraben wurden. Die ſchnelle Hülfe des Pfarrers, der unbeſchädigt in ſeinem Hauſe blieb, und der beiden Sigriſten, die im Glockenthurm der Gefahr entgingen, trug viel zu ihrer Rettung bei.

Es iſt nicht das erſte Mal, daß dem Dorfe Randa ein ſolches Unglück widerfahren iſt. Im Jahre 1636 wurde es von einem ähnlichen Gletſcherſturze überſchüttet, wobei 36 Perſonen umkamen. Man ſagt, daß damals der ganze Gletſcher des Weißhorns heruntergeſtürzt ſei. Zwei andere Stürze, im Jahre 1736 und 1786, waren kleiner und brachen nicht an der gleichen Stelle los.

Dießmal iſt nur ein kleiner Theil des Gletſchers herabgefallen, und es iſt unbegreiflich, wie ſich der übrige, ſeiner Unterſtützung beraubte Gletſcher noch anſtehend erhalten kann. Mit Hülfe eines Fernrohres bemerkt man in demſelben ſehr große Spalten, die ſchon vor dem Einſturz von einigen Gemsjägern mit Schrecken wahrgenommen wurden, und der herabgeſtürzte Theil des Gletſchers

war, wie man verſichert, von der anſtehenden Maſſe durch eine ähnliche Spalte getrennt. Es iſt demnach ſehr zu befürchten, daß der Gletſcher ſich nicht lange mehr an dieſem ſehr ſteilen Berggipfel erhalten könne, und daß bei einem neuen Sturz der Reſt von Randa vollends vernichtet werden dürfte. Das Abſtürzen des Gletſchers zu verhindern, geht über die menſchlichen Kräfte."

Unterſucht man nun etwas genauer die Umſtände unter welchen ſolche Gletſcherſtürze ſich einſtellen, ſo muß man ſich überzeugen, daß ſie gerade eher als Beweiſe gegen die Theorie des Gleitens, als für dieſelbe benutzt werden können. In der That iſt die Bodenneigung aller Gletſcher, welche ſtürzen, ſehr ſtark an ihrem Thalende, und erreicht oft 30—40°; der Randagletſcher ſchien mir etwas mehr als 30° Fall zu haben. Wie ſollten denn die Eismaſſen auf einer ſolch ſchiefen Fläche ſich halten, wenn ſie nicht dem Boden feſt anhingen? Vielleicht weil ſie mit den hinteren Eismaſſen zuſammenhängen und nur dann fallen, wenn ein Zufall ſie losreißt? Das Eis gleitet auf weit weniger geneigten Flächen und da, wo der Thalabhang ſehr ſteil iſt, ſind die Gletſcher ſtets ſo zerklüftet, daß der Zuſammenhang mit den hinteren Maſſen dem Sturz nur ſehr ſchwachen oder gar keinen Widerſtand entgegen ſetzen kann. Zudem ſah Venetz unmittelbar nach dem Sturze des Randagletſchers ungeheure Spalten, wodurch große Eismaſſen von dem übrigen Gletſcher getrennt waren, und befürchtete deshalb eine baldige Wiederholung des Sturzes. Bis heute hat dieſe nicht ſtatt gefunden; es müſſen deshalb dieſe abgetrennten Maſſen

auf dem ſteilen Boden durch eine andere Gewalt als den Zuſammenhang mit hinten, der aufgehoben iſt, feſtgehalten werden; ſie ſind mit ihm zuſammengefroren. Dieſe Art des Zuſammenhanges mit dem Boden ſchließt aber jedes Gleiten aus und ein Gletſcher ſtürzt nur dann, wenn das Gewicht ſeiner überhängenden Maſſen den Widerſtand des Zuſammenhanges überwiegt.

Wie ſoll aber der Gletſcher vorrücken, wenn er mit dem Boden zuſammenhängt? Gerade durch die Ausdehnung ſeines Eiſes und zwar folgendermaßen. Im dritten Kapitel, bei der Struktur der Gletſcher, haben wir die eigenthümliche Bildung des Gletſchereiſes betrachtet und auseinandergeſetzt, wie es in den hohen Regionen eine, gleichſam ſchwammig körnige Maſſe bildet, durchtränkt von Regen und Schneewaſſer, welches ohne Unterlaß in ſeine zahlreichen Zwiſchenräume einſickert. Je mehr nach unten, deſto feſter und compakter, bis zu dem härteſten Eis, wird dieſe ſchwammige Maſſe, behält aber ſtets die aus ihrer Bildung herrührende Eigenthümlichkeit bei, durch erhöhte Wärme in einer Menge einzelner eckiger Fragmente zu zerfallen, in deren Zwiſchenräumen das Waſſer einſickert, wie in den Hochfirn. Selbſt in Tiefen, wo das Gletſchereis nicht vollkommen zerfällt, erſcheint es noch ſtets von Haarſpalten durchwebt, welche nach allen Richtungen ſich durchkreuzend, die Fugen dieſer Fragmente ſichtlich machen. *) So ſickert, je nachdem das Eis mehr

*) Durch einen glücklichen Zufall fand F. de Pourtales, einer meiner diesjährigen Begleiter, daß durch ſtarkes

oder minder zerfällt, das Waſſer in verſchiedene Tiefen hinab, und gefriert in dieſen Zwiſchenräumen bei der geringſten Erkältung, da es ſtets dem Froſtpunkte in ſeiner Temperatur ſehr nahe ſteht. Durch das Gefrieren dehnt ſich dies Waſſer aus, und ſo auch, da es alle Fugen durchdringt, den Gletſcher.

Man hat darauf erwiedert, das Waſſer dehne ſich freilich bei ſeinem Gefrieren aus; dieſe Ausdehnung könne aber nicht dahin eine Wirkung äußern, wo ein ſo ungeheurer Widerſtand wie der Druck der geſammten Gletſchermaſſe, ihr entgegen wirke, ſondern müſſe ſich nach oben hin fortpflanzen, da von der Oberfläche aus der Luftdruck, gegen den Druck der Eismaſſen, in gar keinen Betracht komme. Waſſer übe nur in feſt verſchloſſenen Gefäßen einen ungeheuren Druck auf deren Wände aus, ſeien aber die Gefäße oben offen, ſo dehne ſich das Eis nur nach der Richtung des geringſten Widerſtandes aus, und der Seitendruck ſei nur gering. Eben ſo müſſe es ſich im Gletſcher verhalten. A priori iſt der Einwurf vortrefflich, und die im Kap. 15 beſchriebenen Gletſcherblumen beweiſen auch, daß allerdings in den ganz oberflächlichen Spalten eine ſolche Vertheilung des durch Ausdehnung

---

Blaſen gegen das Eis alle die Maſſe durchwebenden Spalten ſichtbar werden; es entſteht dann ein Stern mit, nach allen Seiten auslaufenden Strahlen; wir haben uns auf dieſe Weiſe überzeugt, daß ſelbſt das ſcheinbar dichteſte Gletſchereis nach allen Richtungen von ſolchen Haarſpalten durchwebt ſei.

bewirkten Druckes eintritt, und das Waſſer im Momente des Gefrierens über das Niveau der Eisfläche hervorquellend, jene, dort beſchriebenen, ſeltſamen, blumenartigen Eisformen erzeugt. Allein deshalb verhält ſich die Natur doch nicht ſo, wie die Theorie es vermuthen laſſen möchte. Die Haarſpalten bilden ein ſo verwirrtes Netz von nach allen Richtungen hin verwebten Fugen, daß eine Vertheilung der Ausdehnung nach der Oberfläche hin eben ſo unmöglich darin wird, als in einem Netz von Röhren oder Schläuchen, mit Waſſer gefüllt, welche zu gleicher Zeit der Kälte ausgeſetzt werden. Dann aber ſind Eis wie Waſſer ſchlechte Wärmeleiter und da die Temperaturveränderungen der Luft zuerſt die Oberfläche betreffen, ſo geſchieht es daß durch die Kälte der Nacht die Oberfläche des Gletſchers ſchon gefroren ſein kann, während der Froſt ſich noch nicht nach unten mitgetheilt hat. So bildet denn die Oberfläche eine eben ſo feſte Maſſe und ſtellt der Ausdehnung einen gleichen Widerſtand entgegen, wie die übrigen Theile des Gletſchers.

Der Froſt dehnt demnach die Gletſchermaſſe aus, allein nicht gleichmäßig, ſondern verſchieden im Verhältniß der Waſſermengen, welche in die Eisſchichten einſickern und darin erſtarren. Die unteren Schichten, hart und compakt, wie ſie ſind, können nur ſehr wenig Waſſer in ihre ſehr feinen Haarſpalten aufnehmen, und dehnen ſich deshalb weit weniger aus als die ſchwammigen, oberflächlichen Schichten, welche den Veränderungen der äußeren Temperatur in weit höherem Grade ausgeſetzt, ſich leichter in ihren Fugen löſen, und eine verhältnißmäßig

weit größere Maſſe Waſſers einſaugen. Je oberflächlicher deshalb eine Eisſchicht im Gletſcher liegt, deſto mehr wird ſie ſich ausdehnen, oder mit andern Worten, deſto ſchneller wird ſie ſich vorwärts bewegen; denn da der Gletſcher, an beiden Seiten von den Thalwänden eingeſchloſſen, von oben her den Druck der gewaltigen oberen Eismaſſen erleidet, und der Thalabhang die einzige Seite iſt nach welcher ſich kein Gegendruck findet, ſo muß die ganze Wirkung der Ausdehnung nach dieſer Seite hin ſich übertragen, um ſo mehr, da die Gravitation dieſe Neigung noch unterſtützt. Zudem aber bewegen ſich die oberen Schichten nicht nur ſchneller als die unteren, durch die bloße Wirkung der in ihnen gefrierenden größeren Waſſermenge, ſondern ihre Bewegung wird durch Combination noch mehr beſchleunigt, da zu ihrer eigenen Schnelligkeit noch die der unteren Schichten ſich hinzugefügt. Nehmen wir an z. B. der Gletſcher beſtehe aus drei Schichten a, b und c, und die durch das Gefrieren des infiltrirten Waſſers bedingte Bewegungsſchnelligkeit, ſei bei der Unterſchicht $a=1$, bei der Mittelſchicht $b=2$ und bei der Oberſchicht $c=3$; ſo wird die wahre Geſchwindigkeit der Mittelſchicht $2+1=3$, und die der Oberſchicht $3+2+1=6$ betragen, da die Eigengeſchwindigkeit einer jeden oberen Schicht, zu der wahren Geſchwindigkeit der unteren Schichten addirt, erſt den wahren Ausdruck der Schnelligkeit ihrer Vorwärtsbewegung abgibt.

Einen unwiderleglichen Beweis für dieſe größere Geſchwindigkeit der oberen Eisſchichten liefern uns die Waſ-

ſerfälle, welche durch Löcher in das Innere des Gletſchers ſtürzen; die obere Oeffnung mit den oberflächlichen Gletſcherſchichten rückt allmählich über die darunter liegenden Eisſchichten vor, welche ihrerſeits auch über die noch tiefer liegenden vortreten, ſo daß das Loch, in welches der Waſſerfall ſich ſtürzt, am Ende das Ausſehen einer umgekehrten Treppe erlangt, und die Stelle, wo der Bach an der Thalſohle unter dem Gletſcher anlangt, weiter bergaufwärts liegt als die Oeffnung durch welche er ſich in das Eis ſtürzt. Hugi hat Taf. 3 ſeiner Alpenreiſe die durchſchnittliche Zeichnung eines ſolchen Waſſerfalles auf dem oberen Grindelwaldgletſcher gegeben.

Bei den Moränen ſowohl als bei den Spalten habe ich ſchon angeführt, daß der Gletſcherrand ſchneller vorwärtsrücke als die Mitte, wofür ſowohl das allmähliche Verſchmelzen der Guffer mit den Sandecken, als die bogenförmige Geſtalt der Schrüude ſpricht, deren convexe Seite nach oben gekehrt iſt, während die Schenkel des Bogens ſeitlich nach unten hinablaufen. Auch dies Verhältniß erklärt ſich leicht. Bedenkt man, daß die Wärme es iſt, welche des Eiſes Fugen löst und für das Waſſer eindringlich macht, daß die Gletſcherränder, den Thalwänden angeſchmiegt, durch deren Reflexion der Wärmeſtrahlen ſtärker geſchmolzen und gelöst werden, als des Gletſchers Mitte; daß deshalb die Ränder ſich abrunden und nun das meiſte Waſſer von der erhöhten Mitte her, in das aufgelockerte Eis des Randes einſickert, die loſeren Fugen erfüllt und in ihnen bei der Wiederkehr des Froſtes erſtarrt, ſo muß man ſich von der ungleich ſchnelle-

ren Vorwärtsbewegung der Seiten, im Verhältniß zur Mitte, überzeugen. Alle dieſe Erſcheinungen wären förmliche Räthſel für die Annahme eines Gleitens; im Gegentheile müßte dann die Mitte des Gletſchers ſich ſchneller bewegen, als ihre Ränder, da die Thäler meiſt muldenförmig ausgehöhlt ſind, und demnach der Druck den die zu Thalmitte gleitenden Seitenmaſſen auf die Mitte ausübten, deren Bewegung beſchleunigen müßte. Eſcher von der Linth brachte in ſeiner Vertheidigung des Gleitens das Argument vor, die Gletſchermaſſen ſtürzten beſtändig in das Thalbette zuſammen, da ſie auf ihrer Unterfläche, wie man dies an ihren Thoren ſehen könne, von ungeheuren Gewölben unterhöhlt ſeien, und der Seitendruck, welchen dieſe Einſtürze verurſachten, und das Gleiten der umgebenden Maſſen in die dadurch bewirkten leeren Stellen, verurſache die Bewegung. Man begreift nicht, wie Gletſcher, die ſchon mehrere Stunden Weges zurückgelegt haben, noch eine gleichförmige, glatte Oberfläche haben könnten, wenn ſolche zerſtörende Stürze die Urſache ihrer Bewegung wären.

Meine Erklärung der Gletſcherbewegung iſt die Scheuchzer's, nur hatte dieſer ſie zu kurz entwickelt oder eigentlich nur angedeutet (ſ. Kap. 1). Touſſaint von Charpentier griff ſie ſpäter auf *); indeß ſcheint mir ſeine Anſicht in der Hinſicht verwerflich, daß er anzunehmen ſcheint, das Gefrieren des Waſſers in den Schründen ſpiele eine Hauptrolle bei der Gletſcher-

*) Gilberts Annalen. Bd. 63.

bewegung; die Bildung einer Eisdecke auf einem breiten, oben offenen Schrunde kann, und wenn ſie auch mehrere Zoll Dicke beträgt, unmöglich eine bedeutende Wirkung auf die gewichtigen Seitenmaſſen des Schrundes ausüben, es gehört zu einer ſo regelmäßigen, ſteten Vorwärtsbewegung, und zu einer ſo ungeheuren Kraftentwicklung eine große Waſſermenge, welche das ganze Eis durchtränkt, und das tiefe unendlich verbreitete Netz der Haarſpalten erfüllt. Biſelx, Prior des großen St. Bernhard veröffentlichte kurz nach Touſſaint de Charpentier eine Abhandlung über die Gletſcher *) mit zahlreichen Beobachtungen über ihre Bewegung, die er, wie Charpentier, der Ausdehnung des in den Schründen gefrierenden Waſſers zuſchreibt. Gilbert hatte in ſeinen Annalen die Abhandlungen der beiden erwähnten Schriftſteller aufgenommen, und ſprach ſich ebenfalls für ſie aus. Eſcher von der Linth **) vertheidigte die Sauſſureſchen Anſichten und durch das Gewicht ſeines Namens wie der ſpeciellen Thatſachen, die er beibrachte, ſchien er den Sieg über ſeine Gegner in dem ſehr lebhaft geführten

*) Ueber die Lauinen, den Schnee und die Gletſcher der Alpen, von Peter Biſelx, Prior des Hospizes auf dem St. Bernhardsberge. Gilbert's Annalen der Phyſik. Bd. 64. S. 183.

**) Gegenbemerkungen über die von Hrn. T. von Charpentier aufgeſtellte Erklärung des Vorwärtsgehens der Gletſcher von Eſcher, Linthpräſident. Gilberts Annalen. Bd. 69. S. 113.

Streite errungen zu haben. Ob man die hier vorgebrachten Gründe zur Feſtſtellung der Theorie des Vorwärtsſchreitens der Gletſcher durch Gefrieren des Waſſers in den Haarſpalten, für vollgültig halten wird, weiß ich nicht — ich glaube eine unbezweifelbare Anſicht vergetragen zu haben. Was Hr. Godeffroy von einer cycliſchen Bewegung der Gletſcher ſagt, wo bald der Rand nach der Mitte ſich aufrollen, bald von der Mitte nach außen ſich abrollen ſoll, bedarf keiner Widerlegung; keine einzige Thatſache ſpricht dafür.

Man hat ferner die Bewegung des unteren Gletſchertheils dem Drucke zugeſchrieben, welcher von oben her, durch die höheren Schnee- und Eismaſſen, auf das untere Eis einwirke und es ſo zu Thal drücke. Daß die oberen Maſſen einen Druck ausüben müſſen im Verhältniß ihrer Gravitation und der Neigung des Bodens, iſt klar, und wir haben auch ſchon daraus den Umſtaud erklärt, daß die Gletſcher zu Thal rücken und nicht zu Berge ſteigen. Allein dieſe Wirkung iſt mehr negativ als poſitiv und wird durch die Kraft der Ausdehnung ſowohl, als auch hauptſächlich durch den Umſtand aufgehoben, daß in den oberen Theilen, wo die Bodentemperatur unter 0° ſinkt, der Gletſcher mit dem Boden zuſammengefroren iſt und dieſer Zuſammenhang, wie wir ſchon oben bei den Stürzen geſehen, allein hinreicht, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten. Zudem müßten, wollte man eine ſolche vis a tergo annehmen, alle Gletſcher einen gleichmäßigen Fall in ihrem ganzen Laufe darbieten, da alle Unebenheiten des Bodens ſich ausglei-

chen müßten; Gletſcher, welche von verſchiedenen Höhen herabkommend, ſich vereinigten, müßten einander verſchieben, da ja der Druck des einen größer als der des andern ſein müßte; je höher der Gletſcher herabkäme, deſto tiefer ins Thal müßte er rücken, des ſtärkeren Druckes von oben halber; wenig geneigte, große Gletſcher, deren Maſſe bedeutend die eines ſtark geneigten kleinen Zufluſſes überwäge, müßten dieſen in ſeinem Laufe aufhalten, aufſtauen, und der kleine müßte endlich den größeren Gletſcher mit ſeinen Maſſen gleichſam überſchwemmen. Allein alle dieſe Verhältniſſe finden ſich nicht in der Natur und ſo bleibt denn jede andere Theorie unmöglich als die der Dilatation, die um ſo eher angenommen werden muß, da ſie faktiſch bewieſen werden kann.

Um das Maaß der durch die Ausdehnung der Gletſchermaſſen bedingten Bewegung genau beſtimmen zu können, hatte ich in der Nähe unſerer Hütte auf dem Unteraargletſcher in einer abſoluten Höhe von etwa 7500 Fuß, wo alſo die mittlere Bodentemperatur unter 0° ſteht, mehrere rechtwinkliche Dreiecke abgeſteckt und ihre Seiten genau gemeſſen. Ich hatte den Ort der Abſteckung ſo gewählt, daß das eine Dreieck, auf dem compakten Finſteraararme des Gletſchers umſchrieben, einen von mehreren bedeutenden Querſpalten und einigen ſchiefen, kleineren Schründen durchſetzten Raum umfaßte, während das andere Dreieck auf dem hier vollkommen ebenen, ſpaltenloſen Zufluſſe, welcher von der Strahleck herabſteigt, und ein weit geringer compaktes Eis beſitzt, abgeſteckt war. Als ich nach 2 Tagen die Seiten der Dreiecke von

neuem maß, fand ich eine Vergrößerung der Hypothenuſe des auf dem Strahleckzufluſſe abgeſteckten Triangels. So ſehr auch dieſer Verſuch zu Gunſten unſerer hier aufgeſtellten Anſicht ſprechen würde (da das weniger compakte Eis dieſes Zufluſſes am meiſten dem Einfluſſe der Dilatation nachgeben mußte), ſo ziehe ich doch vor, hier nicht die ſpecielleren Data der Beobachtung anzuführen, da der in der kurzen Zeit beobachtete Unterſchied in den Bereich möglicher Meßfehler fällt, und erwähne die Thatſache nur im Allgemeinen, um künftige Beobachter auf das Verdienſtliche ſolcher Meſſungen aufmerkſam zu machen, mir vornehmend, ſie ſelber im künftigen Jahre zu wiederholen.

Wenn ich im Vorhergehenden die ſo allgemein angenommene Theorie des Gleitens der Gletſcher auf ihrem Boden beſtritt, ſo hatte ich dabei beſonders die obere Hälfte der Gletſcher im Auge, welche auf einem Boden ruht, deſſen mittlere Temperatur unter 0° ſinkt. Ohne Zweifel aber müſſen die Verhältniſſe der Unterfläche bei allen Gletſchern, welche auf einen Boden von + Graden mittlerer Wärme herabſteigen, bedeutend modificirt werden. Die Erdwärme löst hier den Gletſcher aus ſeiner Verbindung, ſchmilzt ſeine unteren Schichten ab, und bedingt ſo ein mehr oder minder beträchtliches Gleiten. Da aber dieſe Verhältniſſe nur in der unteren Gletſcherregion, der unbedeutendſten an Maſſe, eintreten, in der oberen aber wegfallen, ſo iſt es einleuchtend, daß die Gletſcherbewegung im Allgemeinen ihnen nicht beigemeſſen werden kann, und die Anſicht, daß die unteren gleitenden Maſſen

die oberen nach ſich zögen und ſo deren Bewegung bedingten, iſt deshalb unhaltbar, weil dieſe zu wenig compakt und zu incohärent ſind, um auf ſolche Weiſe nachgezogen werden zu können.

Will man daher die verſchiedenen Verhältniſſe der Gletſcher zu ihrem Thalboden unterſuchen, ſo muß man vor allen Dingen ihrer abſoluten Höhe, oder was dasſelbe iſt, der mittleren Temperatur des Bodens auf welchem ſie ruhen, Rechnung tragen, und es rechtfertigt ſich hierdurch ſchon unſere Erklärung des Gletſcherſturzes von Randa, die wir oben gegeben; denn da dieſer Gletſcher in einer Höhe endigt, wo die mittlere Temperatur des Bodens unter 0° ſtehen muß, ſo kann es nicht anders möglich ſein, als daß er mit dem Boden auf dem er ruht zuſammengefroren ſei.

Beſäße man genaue Beobachtungen über das Verhältniß der Waſſermenge, welche auf einem Gletſcher fließt, zu der Menge, welche ſeinem unteren Ende entſtrömt, ſo würde man, glaube ich, hieraus bedeutende Schlüſſe für die Richtigkeit unſerer Anſicht entnehmen können. In der That ſcheint das Maſſenverhältniß der ſämmtlichen Bächlein und Rieſel, welche die Oberfläche durchfurchen, bedeutend dasjenige des Baches, welcher dem Gletſcher entſpringt, zu überwiegen, und ich habe beobachtet, daß die größeren Bäche ſelten lange auf der Oberfläche fließen, ſondern bald eine Spalte oder einen ſonſtigen Ausfluß nach unten finden, wo ſie ſich in den Gletſcherbach ſtürzen. Im Verein mit den Luftſtrömungen, welche in die-

ſen Abflußlöchern ſich erzeugen, modificiren dieſe größeren Bäche die Wände ihrer Kanäle auf ähnliche Weiſe, wie die Oberfläche von den atmosphäriſchen Einflüſſen modificirt wird; ſie löſen die Fugen der Fragmente, und geben ſo Gelegenheit zu beſtändiger Infiltration des Waſſers in den Haarſpalten, und ſomit zu fortwährender Ausdehnung der Maſſe durch das Gefrieren deſſelben; indeß iſt dieſe Infiltration der größeren Derbheit des Eiſes und der Geneigtheit der Wände wegen, nicht ſo bedeutend, als auf der Oberfläche. Die kleineren Waſſerrieſel dagegen verzweigen ſich nach allen Richtungen in den Zwiſchenräumen, dringen, wie es ſcheint, nur in geringe Tiefen ein, erreichen nicht den Grund, ſondern verlieren ſich in der Maſſe und vertheilen ſich in den Zwiſchenräumen der Fragmente. Mithin gelangt nur ein Theil des auf der Oberfläche gebildeten Waſſers auf den Thalgrund, und trägt zur Vermehrung des Gletſcherbaches bei; der größere Theil hingegen verliert ſich in den Haarſpalten, gefriert durch die erkältende Einwirkung der Eismaſſen in dieſen, und trägt ſo zur Vermehrung wie zur Bewegung der Gletſchermaſſen durch ſeine Ausdehnung bei.

Mathematiſch genaue Reſultate wird man, meiner Anſicht nach, nie über dieſen Punkt erlangen können; allein Unterſuchungen an einem Gletſcher angeſtellt, deſſen Bach im Winter nicht fließt, von welchem man alſo mit Sicherheit wüßte, daß in ſeinem Bette keine Quellen ſprudeln, würden ſicher wenigſtens approximative Reſultate von hohem Intereſſe geben.

Unſere Erklärung der Gletſcherbewegung ſetzt Temperaturverhältniſſe voraus, wobei das Eis und der Firn ſchmelzen und ſo das Thauwaſſer bilden, welches in die Tiefen der Maſſen einſickert. Daß ſolche Wärmegrade auf allen Hochkuppen unſerer Alpen während des Sommers, und zwar namentlich bei hellen, ſonnigen Tagen, vorkommen, iſt eine längſt anerkannte Thatſache, und daß man auch den Hochfirn öfters von Thauwaſſer infiltrirt findet, von allen Gletſcherwanderern hinlänglich beſtätigt. Aus unſerm ſpäter anzuführenden Verſuche in Bohrlöchern am Unteraargletſcher aber geht hervor, daß der Temperaturwechſel der Luft nur bis auf eine geringe Tiefe in der Gletſchermaſſe merkbar iſt, während die unteren Schichten eine ſtets gleichmäßige Temperatur behalten. Das bis in dieſe Tiefen ſickernde Waſſer wird demnach gefrieren, die Temperatur der äußeren Luft möge ſein, welche ſie wolle, und das Maaß der Bewegung der Eismaſſen in der Tiefe wird ſtets in ganz gleichem Verhältniß zu dem in ſie einſickernden Waſſer ſtehen. Nicht ſo wird es ſich in den oberflächlichen Schichten des Gletſchers verhalten; bedeutende Temperaturwechſel zwiſchen Tag und Nacht werden hier den größten Einfluß ausüben, da die Hitze des Tages, je größer ſie iſt, in deſto größere Tiefe die Fugen löſt und mit Thauwaſſer füllt, welches, durch die Kälte der Nacht gefrierend, eine bedeutende Ausdehnung erleidet und ſo zugleich eine ſchnellere Bewegung in den oberflächlichen Schichten bedingt, als in den tieferen, wo die Wärme des Tages nicht fühlbar iſt. So wird es auch erklärlich,

daß nur im Sommer, wo ſolche erhöhte Temperaturen in jenen Gegenden eintreten, die Gletſcher vorrücken, was allgemein anerkannt iſt, während ſie im Winter ſtationär bleiben, und daß in der kalten Jahreszeit nur diejenigen Gletſcherbäche fortfließen, welche zum Theil durch Quellen genährt werden.

Digitized by Google

Dreizehntes Kapitel.

Die Unterfläche der Gletſcher und ihre Eisgewölbe.

Die Unterfläche der Gletſcher konnte bis jetzt nur an ihrem Thalende unterſucht werden, indem man entweder in ihr Thor vordrang oder die Höhlen unterſuchte, die zuweilen an ihrer Seite ſich öffnen. Man könnte vielleicht fruchtbarere Reſultate erhalten, wenn man ſich in Schründe hinabließe, welche den Grund erreicht haben; die Gefahren und Beſchwerlichkeiten eines ſolchen Verſuches ſind aber zu groß, als daß man bis jetzt gewagt hätte, ihn anzuſtellen.

Dringt man unter das Thor eines Gletſchers ein, ſo erſtaunt man das Gewölbe nach allen Seiten hin unter den Eismaſſen ſich fortziehen zu ſehen; die oft ſehr hohen und breiten Gänge verzweigen ſich in den wunderlichſten Verdrehungen und man begreift bei dem Anblick dieſes Irrgartens von Eisgewölben, welche ſich wie in einem Bergwerke nach allen Richtungen hin durchkreuzen, wie Hugi zu der falſchen Anſicht kommen konnte, der

Gletſcher ruhe auf Füßen, die ſeine Gewölbe trügen. Wie ſchon oben bemerkt, ſetzte er die Ausnahme für die Regel.

Nach den oberen Regionen hin, wo das loſere Eis weniger leicht ſpaltet, vermindern und verengern ſich dieſe Gewölbe natürlicher Weiſe. Allem Anſchein nach aber ſetzen ſie ſich weit nach oben hin fort, denn ſie bilden die natürlichen Kanäle, wodurch die tauſend Bächlein, welche auf der Gletſcherfläche entſtehen und in den Spalten ſich verlieren, ihren Abfluß finden. Auf dem Zermattgletſcher ſah ich in einer Höhe von 8000 Fuß, drei Stunden weit vom Thalende, mehrere Sturzbäche unter dem Eiſe verſchwinden, und wenn man auch annehmen wollte, die kleineren Waſſerrieſel verſchwänden in den Eismaſſen und gefrören innerhalb derſelben, ehe ſie den Grund erreichten, was wenigſtens zum Theil ſehr wahrſcheinlich iſt, ſo muß man doch von ſo bedeutenden Strömen, als wir dort ſahen, zugeben, daß ſie durch das Eis hindurch ſich Ausgänge bis zu den unteren Gewölben hin bahnen müſſen. Außerdem beweist das Abfließen der hohen Gletſcherſeen dies aufs einleuchtendſte. Der Gornerſee, am Fuße des gleichnamigen Gletſchers, die Goille à Vassu (ein ziemlich anſehnlicher Teich, wenigſtens keine Pfütze!) am Valſoreygletſcher und der Mörilerſee am großen Aletſchgletſcher, fließen durch die Gletſcher ſelbſt ab, und ihre Abzugskanäle müſſen ſehr bedeutend ſein, weil ihr Waſſer ſehr bald unten am Gletſcherthore ankommt und den Gletſcherbach bedeutend anſchwellt, wenn der See oben ſich entleert. So erkennen die Bewohner von

Digitized by Google

Zermatt ſtets an dem plötzlichen Anſchwellen der Visp, daß der Gornerſee ſich entleert hat.

Oft iſt es wirklich gefährlich, in dieſe Eingänge einzudringen, da ſich häufig Eisblöcke losreißen, deren Sturz durch die geringſte Erſchütterung veranlaßt werden kann. Engelhardt erzählt, daß zwei junge Männer, welche die Unvorſichtigkeit begingen, im Gewölbe des Rhonegletſchers eine Piſtole los zu ſchießen, in demſelben Augenblick von dem herabſtürzenden Eiſe erſchlagen wurden, welches die Lufterſchütterung des Schuſſes losgeriſſen hatte. Bei meinem Beſuche des Zermattgletſchers im Jahre 1839 wagte ich nicht in das Gewölbe vorzudringen, da ſich in der Höhe des Thores eine Spalte zeigte, welche gewiß kurze Zeit nachher einen bedeutenden Einſturz veranlaßte (ſ. Taf. 6).

Dieſe Einſtürze ſind namentlich am Eingange der Gewölbe zu fürchten, und man kann die Gefährlichkeit des Eindringens leicht aus der Anordnung der Schründe in der Umgebung erſchließen. Das Gewölbe des Glacier des Bois, eines der ſchönſten und größten vielleicht in der Schweiz, iſt aus einem andern Grunde nicht zugänglich; der Bach, der ihm entſtürzt, iſt zu bedeutend. Bei andern Gletſchern iſt das Eindringen leichter, und Hugi erzählt, er habe unter dem Urazgletſcher am Titlis, eine Strecke von mehr als ¼ Quadratſtunde durchwandert, und ſei endlich, nach 1¾ ſtündigem Hin- und Hergehen, am entgegengeſetzte Ende zum Wendenbach gelangt. Ein Oberländer Namens Chriſten, der Vater des Führers welcher nahe am oberen Grindelwaldgletſcher wohnt, fiel in

einen Schrund; ſeine Familie machte vergeblich alle möglichen Anſtrengungen, ihn todt oder lebend hervorzuziehen; umſonſt! man glaubte ihn verloren, als plötzlich der Todgeglaubte an das Tageslicht erſchien. Er hatte einen Kanal bemerkt, dem er gefolgt war, und, trotz eines zerbrochenen Armes, kam er nach 3 Stunden wieder glücklich zum Vorſchein, da wo ein kleiner Bach ſich in den Gletſcher ſtürzt. Man hat oft und vielfach in allen Zeitungen und Büchern dieſe wunderbare Rettung nacherzählt und ich ſelbſt habe mehrmals mit dem Sohne des Verſtorbenen darüber geſprochen, der mir zu wiederholten Malen ſagte: „Sie ſagen alle, mein Vater ſei in den Bach hinab geſtiegen und ſo unten herausgekommen. Das iſt nicht wahr, er iſt hinauf geſtiegen.“ In der That müßte das Hinabſteigen ſehr gefährlich ſein, da in der Dunkelheit der Mann leicht einen ſteilen Abhang hinabſtürzen konnte, während beim Hinaufklettern dergleichen Gefahren den umſichtigen Grindelwaldner nicht drohen konnten.

Sauſſure ſchreibt mit Recht die Bildung dieſer hohlen Eisgewölbe der Wirkung der Gletſcherbäche zu, welche angeſchwollen durch die Hitze des Sommers, die Löſung der Fugen erleichtern und das Eis, welches ihren Abfluß hindert, ſeitlich benagen; das unterhöhlte, ſeiner Stützen beraubte Eis bricht dann in Stücken los, fällt in den Bach, der ſie fortreißt, bis endlich durch das fortwährende ſtückweiſe Losreißen eine Art Wölbung entſteht, deren Wände ſich gegenſeitig unterſtützen und halten“ (Voyages dans les Alpes. Bd. 2. S. 16. § 622). Gewiß iſt dies die einfachſte und richtigſte Erklärung der Gewölbe, die

man geben kann. Allein dem Gletſcherwaſſer allein kann wohl der Anfang, nicht aber die Vollendung der Gewölbebildung zugeſchrieben werden. Die warmen Luftzüge ſowohl wie die Quellen ſpielen eine große Rolle dabei. Einerſeits müſſen die warmen Winde im Thale, deren Temperatur während des Sommers weit über 0° ſteht, ſich in den Eisthoren und Gewölben fangen, und da zur Abſchmelzung und Verdunſtung der von ihnen getroffenen Flächen der Kanäle beitragen; anderntheils müſſen aber durch die verſchiedenen Temperaturen der Luft an den Gletſcherkanälen und der äußeren Thalluft die mannichfaltigſten Strömungen entſtehen, welche dieſe Verſchiedenheiten ins Gleichgewicht zu ſetzen ſuchen. Die Wärme der in den Gletſcherkanälen enthaltenen Luft kann nothwendiger Weiſe nur wenig über 0° erhoben ſein, da ſie beſtändig an den eiskalten Wänden ſich abkühlt. Durch dieſe Abkühlung ſchwerer geworden, wird die kalte Luft an den tiefſten Stellen, alſo am Thore und in deſſen Nähe dem Boden entlang nach Außen ſtrömen, während die wärmere Luft in der Höhe des Gewölbes in den Gletſcher hinein ſtürzt, und es wird ſo an dem Gletſcherthore eine doppelte Strömung zu finden ſein, eine kalte am Boden von Innen nach Außen, eine warme von Außen nach Innen, etwa in demſelben Verhältniß, wie wenn man im Sommer einen Eiskeller öffnet, wo ebenfalls dieſe beiden Luftſtrömungen in verſchiedenen Höhen der Thüre ſich erzeugen. Daher die kalten Luftſtrömungen die an vielen Gletſchern, wenn man ſich dem Thore nähert, ſo auffallend ſind. Im Gletſcher aber iſt dies Verhältniß nicht

ganz rein. Da die Gewölbe nach allen Richtungen hin communiziren und überall mit nach Außen zu Tage gehenden Spalten in Verbindung ſtehen, ſo ſcheinen ſich hier ähnliche Verhältniſſe, wie bei den mannichfaltigen Bergegebläſen zu entwickeln; die kältere Luft der höheren Regionen dringt aber durch die Spalten in die Gewölbekanäle, und ſinkt, theils durch ihre Schwere, theils durch die Bewegung des unter dem Gletſcher rinnenden Waſſers, nach unten gegen das Thalende hin, wo ſie dann durch das Thor und die zu Tage gehenden Schründe nach Außen gelangt und, wenn die Thalluft wärmer iſt, die kalten Winde veranlaßt, welche aus den Spalten und Gletſcherthoren dringen, und von den Aelplern Gletſchergebläſe genannt werden. In der That ſteht die Stärke des Gletſchergebläſes in auffallendem Verhältniſſe zur Temperatur der Thalluft, wird um ſo ſtärker, je höher dieſe ſteigt, und ſchwindet im Winter gänzlich, ja es variirt nach den Tageszeiten, indem es Morgens vor Sonnenaufgang am ſchwächſten iſt und Nachmittags ſeine größte Stärke erreicht. Indeſſen gehören noch genauere Unterſuchungen dazu, um zu beſtimmen, welchen Einfluß Lage, Höhe und Größe des Thores und viele andere Localverhältniſſe auf die Stärke dieſes Gletſchersgebläſes haben mögen, da in dieſer Hinſicht allerdings zwiſchen den einzelnen Gletſchern bedeutende Verſchiedenheiten obzuwalten ſcheinen. So viel iſt gewiß, daß die durch den Sturz der Eisblöcke entſtandenen unregelmäßigen Ecken und Winkel der Kanalwände, welche als vorſtehende Spitzen zumeiſt von den Luftſtrömen getroffen werden, verdunſten,

ſchmelzen und ſich abrunden; und ſo entſtehen endlich die glatten Wände der Eisgewölbe und Thore, welche oft wie von Künſtlerhand ausgehauen und geglättet erſcheinen.

Die Quellen, welche ſich faſt in allen Gletſcherthälern finden und ſtets eine größere Wärme haben als das Eis, üben ebenfalls einen großen Einfluß auf dieſe Gletſcherkanäle aus, und verhindern beſonders das Gefrieren derſelben und die völlige Verſtopfung der Gewölbe während der kalten Jahreszeit, da ſie im Winter ebenſowohl als im Sommer fließen.

Die Gletſcherthore, deren Größe ſehr bei den verſchiedenen Gletſchern wechſelt, bilden die große Abflußöffnung, nach welcher hin alle Gletſcherkanäle münden, und deshalb liegen ſie meiſt in der Mitte des Gletſcherrandes, da der Lauf der Gewäſſer natürlich die Thalſohle ſucht. Bildet aber die Thalſohle nicht zugleich die Gletſchermitte oder entwickelt ſich der Gletſcher mehr auf der einen als der andern Seite, ſo weicht auch das Thor mehr oder weniger nach der Seite, wie es z. B. jetzt bei dem Zermattgletſcher der Fall iſt, welcher auf der linken Seite bedeutend vorrückt, während er auf der rechten ſtationär bleibt. Man ſieht ſelbſt an demſelben Gletſcher rechts von der Hauptwölbung eine zweite kleinere, aus welcher ein kleiner Bach entſpringt, der nach kurzem Laufe ſich von neuem unter dem Gletſcher verliert (ſ. Taf. 6). Der Unteraargletſcher hat zwei unvollkommene Thore, den einen auf der rechten den andern auf der linken Seite.

Die Dimenſionen der Gletſcherwölbungen hängen hauptſächlich von ihrer Neigung ab. Die großen Gletſcher mit

geringer Bodenneigung haben meiſtens die geräumigſten Thore, wie der Zmutt- und Zermattgletſcher, beſonders aber der Glacier des Bois, deſſen Wölbung zu Sauſſure's Zeiten 100 F. hoch und 50—80 F. breit war. Im Jahre 1838 war ſie weniger groß aber doch immer noch bedeutend genug. Die Wölbungen ſolcher Gletſcher ſind zugleich ſehr conſtant, und wenn ſie auch zuweilen durch Eisſtürze verſchüttet werden, ſo ſtellen ſie ſich bald an demſelben Orte wieder her.

Weit ſeltener haben ſtark abfallende Gletſcher Wölbungen, und wenn ſich deren finden, ſo ſind ſie, der vielen durch die Schründe bedingten Eisſtürze wegen, weit weniger geräumig, vergänglicher und unregelmäßiger.

Alle Gletſcher, welche in bedeutender, abſoluter Höhe endigen, haben keine Wölbungen, da die Temperatur des Bodens, welche unter 0° ſteht, keine günſtige Bedingung zu ihrer Entſtehung iſt.

Das Eis im Innern der Thore iſt ſo vollkommen glatt und eben, wie das der Schrundwände, und ſpielt in denſelben Nüancen von blau und grün, wie dieſe. Da die Wände dieſer Gebilde gleichmäßig gegen den zerſtörenden Einfluß der Atmosphäre geſchützt und beſtändig von abträufelndem Waſſer befeuchtet und glatt erhalten werden, ſo kann dies nicht auffallen; meiſt ſogar ſtellt ſich die Farbe der Thore noch dunkler als die der Schründe dar, da dem Beſchauer bei weitem größere Maſſen entgegen treten.

Der Gletſcher ruht nicht immer mittelbar auf dem Thalgrunde, ſondern oft auf einer Schicht von Sand und

Schlamm, die mehr oder weniger, wie ſchon oben erwähnt, zur Bildung der Endmoränen beiträgt. Dieſe Schicht bildet ſich durch die Zerreibung der kleinen Steine und Felsſtücke, welche durch die Schründe unter den Gletſcher fallen oder unter ſeine Ränder gerathen, und entſpricht daher in ihrer Zuſammenſetzung genau den zerriebenen Geſteinen. Sie beſteht aus einem feinen, weißen Reibſand, wenn die Moränengeſteine Granite ſind (Glacier des Bois) oder iſt ein ſchwarzer lehmiger Schlamm, wenn die Geſteine, die ſie erzeugen, aus Alpenkalk oder Schiefer gebildet ſind (Roſenlaui). In einem ſpäteren Kapitel werden wir ſehen, daß die charakteriſtiſchen Streifen des Gletſcherbodens den in dieſer Schicht enthaltenen Kieſel und Kryſtallſtöckchen ihren Urſprung verdanken.

In den oberen Regionen iſt dieſe untergletſcherichte Schicht meiſt mit dem Boden zuſammengefroren, während ſie in den Thaltiefen meiſt unter dem Einfluſſe größerer Wärme ſchmilzt. Am oberen Grindelwald- und dem Roſenlauigletſcher ſieht man ſie ſehr deutlich; ebenſo an den vom Boden getrennten Eisblöcken und auf dem Gletſcherboden ſelbſt, den man meiſt erſt abſpülen muß um ſeine Schliffe und Streifen zu unterſuchen.

Unabhängig von dieſer Sand- und Schlammlage findet man nicht ſelten auf der Unterfläche der Gletſcher mehr oder minder bedeutende Anhäufungen zugerundeter Geſchiebe, deren Größe zwiſchen der einer Haſelnuß bis zum Durchmeſſer ſelbſt von einem Fuß und mehr variirt. Dieſe Gerölle ſind durchaus dem Grobkies gewiſſer Diluvialformationen an Geſtalt wie mineralogiſcher Mannich-

faltigkeit analog und ſind offenbar durch das Reiben gegen einander und gegen den Boden auf ſolche Weiſe zugerundet. Zuweilen ſtecken ſie im Eis ſelbſt, oft auch ſind ſie ohne Bindemittel auf einander gehäuft. Wenn der Gletſcher ſich zurückzieht, ſo bleiben dieſe Gerölle auf dem Thalgrund liegen, und man könnte alsdann glauben, ſie ſeien von irgend einem Bache dahin geſchwemt, wären nicht die verlaſſenen Endmoränen da, um ihren wahren Urſprung zu beurkunden. Was ihre Abrundung betrifft, ſo kann man ſie unmöglich den unter dem Gletſcher ſelbſt fließenden Bächen zuſchreiben, da die unter dem trockenen Eiſe ruhenden auf dieſelbe Weiſe abgenutzt ſind. Ihre Größe und Menge wechſelt ungemein bei den verſchiedenen Gletſchern; nirgends ſah ich mehr als unter dem Trientgletſcher, und dort kann ſich Jeder überzeugen, daß ſie von den Thaltrümmern herrühren, und ſich aus dieſen ſtets wieder neue bilden, nachdem die älteren im Thale abgeſetzt werden.

Die untere Fläche des Gletſchereiſes iſt ſtets vollkommen eben und ſelbſt glatt, wie ein abgeriebener Eisblock. Kleine Sand- und Kiesſtücke ſtecken meiſt darin, welche ſie rauh machen wie eine Raspel, und ihr das Anſehen einer Wachsſcheibe geben, die man auf Sand gedrückt hat. Buchtige, gerundene Linien zeigen die Umriſſe der abgeriebenen Gletſcherfragmente an, und man begreift bei Anblick einer ſolchen Fläche, wie ſie im Verein mit der Bewegung, die Felsſchliffe und Streifen des Gletſchergrundes erzeugen kann.

Vierzehntes Kapitel.

Die Einwirkung der Gletſcher auf ihren Boden.

Erwägt man die ungeheure Mächtigkeit der Gletſcher, die Härte ihres Eiſes, das Gewicht ihrer Maſſen, die Art ihrer Einſchließung in den Thälern, ſo muß man ſchon im Voraus eine ungemein mächtige Einwirkung aller dieſer vereinten Umſtände auf das Felsbette des Gletſchers annehmen. Aber gerade die Natur dieſer Einwirkung und ihre Reſultate, die Felsſchliffe mit ihren Streifen und Waſſerrunſen, welche das Geſtein als Denkmal zurückbehält, wurden am heftigſten von den Naturforſchern beſtritten, bald in ihrer Exiſtenz geläugnet, bald außer aller Beziehung mit den Gletſchern gebracht und zwar hauptſächlich aus dem Grunde, weil ſie meiſt ſichtbarer ſind in einer gewiſſen Entfernung vom Gletſcher, als unter oder neben ihm.

Das Schleifen, Abrunden und Poliren der Felſen, welche das Bett und die Wände eines Gletſcherthales bilden, iſt das auffallendſte Reſultat der Gletſcherwirkung, und man muß zugeſtehen, daß namentlich bei der An-

Digitized by Google

nahme unſerer Erklärung des Vorrückens es leicht begreiflich wird, wie ſo ungeheure Eismaſſen, welche ſeit Jahrhunderten über dieſelben Punkte, wie eine ungemein mächtige Feile, ſich hinbewegen, alle Ecken und Unebenheiten ihres Bettes abrunden und ausgleichen müſſen. Selten indeß ſind dieſe Felsſchliffe unter den Gletſchern ſelbſt blosgelegt, man kann viele Gletſcher beſuchen ohne ſie wahrzunehmen, und als ich im Jahre 1839 meinen Freund Studer von der Thatſache überzeugen wollte, daß der Gletſcherboden ebenſo geſchliffen und geſtreift ſei, wie die 600 Fuß höher am Riffel von uns beobachteten Felſen, von welchen ein Stück Taf. 18 Fig. 2 abgebildet iſt, mußte ich, nachdem wir einen Ort aufgefunden hatten, wo wir tief unter den Gletſcher eindringen konnten (ſ. Taf. 7), indem er ſich, nahe ſeinem Thalende, in bedeutender Erſtreckung vom Boden losgelöst hatte, das Geſtein erſt abſpülen und rein waſchen, ehe die Schlifflächen zum Vorſchein kamen.

Die vom Gletſcher verlaſſenen Schlifflächen fallen meiſt weit mehr in die Augen, weil die Schlamm- und Geröllbecke, welche ſie unter dem Gletſcher bedeckt, von dem Regenwaſſer abgeſpült worden iſt, und ohne Zweifel würde man ſchon weit früher die Hypotheſe der Schutt- und Schlammſtröme verlaſſen, und in den Gletſcherverhältniſſen die Erklärung einiger wichtigen geologiſchen Erſcheinungen geſucht haben, wenn man den Zuſammenhang der Schliffe unter den Gletſchern mit den ſo ausgezeichneten Flächen, welche ſeit Jahrhunderten verlaſſen ſind, früher erkannt hätte.

Digitized by Google

J. von Charpentier erwähnt dieſer Einwirkung der Gletſcher auf ihren Boden als einer längſt gekannten Thatſache. „Man weiß, ſagt er, *) daß die Gletſcher den Fels, mit welchem ſie in Berührung ſtehen, abreiben, abnutzen und poliren.“ Indeß gehört ihm meines Wiſſens dieſe Beobachtung an, denn Niemand vor ihm hat ſie gemacht; ſelbſt Sauſſure'n ſcheint die Thatſache unbekannt geweſen zu ſein, ſonſt hätte er wohl die Schliffflächen am großen St. Bernhardsberg, die ſeine Wißbegierde ſo ſehr beſchäftigten, den Gletſchern und nicht dem Waſſer zugeſchrieben.

Auch das Waſſer polirt und rundet freilich mehr oder weniger die Felſen, und man kann überall in den Alpen ſchlagende Beweiſe für dieſe ſeine Einwirkung finden. Allein die vom Waſſer verurſachten Schliffe ſind ſehr von den Eisſchliffen verſchieden; ſie ſind weit matter und unvollkommner, finden ſich ſtets in der Thalſohle, den Rinnen und in der Tiefe der Einſchnitte, und nie an den Bergwänden oder in einer bedeutenden Höhe über den Flußbetten. Endlich erſtrecken ſie ſich nicht gleichmäßig über die ganze Oberfläche der Felſen weg, ſondern die ſtete Beweglichkeit und Veränderlichkeit des Laufes bedingt auch eine ſehr ungleiche Abnutzung des Bettes, welches die Gebirgsbäche ſich aushölen.

Das Eis im Gegentheil verſchont keine Unebenheiten,

*) J. de Charpentier. Notice sur les causes probables du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des Mines. Tom. 8. p. 15.

es ſucht ſie auszugleichen und nutzt eben ſo wohl Erhöhungen wie Vertiefungen ab. Findet es vorſpringende Felsecken auf ſeinem Wege, ſo rundet es ſie zu, benimmt ihnen ihre ſcharfen Kanten und bildet ſo jene rundlichen Höcker, welche Hugi Bauchgeſtalten, Sauſſure roches moutonnées nannte. Da nun unſere Alpen Berge und Thäler meiſt ungemein zerriſſen und ungleich ſind, ſo zeigen auch meiſt die in der Nähe des Gletſchers befindlichen Felſen ſolche Rundhöcker, wie Taf. 8 ſie darſtellt. Die Gewäſſer üben einen entgegengeſetzten Einfluß aus; nur wo ſie mit großer Gewalt und lange Zeit hindurch einwirken, poliren ſie, aber ſo, daß ſie aushöhlen, Ungleichheiten in den ebenen Flächen bilden, über welche ſie laufen, Furchen in der Richtung ihres Laufes ausgraben, während gerade die ſcharfen Ecken von ihnen verſchont bleiben und nicht abgerundet werden. Es iſt ungemein belehrend, dieſe verſchiedenen Arten von Schliffflächen mit einander zu vergleichen, welche man oft neben einander in demſelben Thale findet, und man erlangt bald eine ſolche Sicherheit, daß man auf das Genaueſte ſie nicht nur unterſcheiden kann, ſondern ſelbſt ſolche Flächen erkennt, wo urſprüngliche Eisſchliffe durch das Waſſer verändert worden ſind, wie dies durch die unter dem Gletſcher laufenden Bäche und Waſſerfälle geſchieht. Beſonders deutlich zeigt ſich dieſes Verhältniß am Vieſchergletſcher, wo der Gletſcherbach ſich zwiſchen den Rundhöckern des alten Gletſcherbodens ein Bett ausgegraben, und überall ſo weit er reicht, die Eisſchliffe durch Waſſerſchliffe erſetzt hat.

Am Roſenlauigletſcher kann man am leichteſten das Schleifen der Felsflächen durch das Eis beobachten. Das Geſtein des Thalbodens iſt ein compakter ſchwarzer Kalkſtein (Lias nach Studer). Steigt man zu dem Gletſcher hinan, ſo nimmt der Fels allmählich ein glattes Anſehen an, welches er anderwärts nicht hat, und die Glätte nimmt zu, jemehr man dem Gletſcher ſich nähert. Aushöhlungen wie Erhöhungen ſind gleichmäßig geglättet, nirgends findet man einen ſcharfen Kamm, eine vorſtehende Spitze, überall ſanft abgerundete Erhabenheiten und ebene Flächen. Da die Felsart aber nicht ſo hart iſt, als die granitiſchen und Serpentingeſteine, auf welchen die meiſten unſerer Alpengletſcher ruhen, und leichter als dieſe verwittert, ſo haben ſich die entfernteren Schliffflächen nicht erhalten, ſondern ſind zerſtört und nur in der unmittelbaren Nähe des Gletſchers findet man auf den Felſen, von denen er ſich kaum zurückgezogen, die ſchönſten Schliffe wie auf dem härteren Geſteine.

Der Felſen Im Abſchwung, welcher in einer Entfernung von etwa vier Stunden vom unteren Rande des Unteraargletſchers, denſelben in den Lauter- und Finſteraargletſcher trennt (ſ. Taf. 14), iſt polirt und geſchliffen bis unter das Eis des Gletſchers ſelbſt, und die Art der Schliffe unterſcheidet ſich hier, wie am Zermattgletſcher, durchaus nicht von den alten Schliffen, welche man bis hoch hinauf an den Felswänden wahrnimmt, und die von einem früher weit höheren Gletſcherſtande herrühren.

Wie der Abſchwung verhalten ſich auch die ſeitlichen Thalwände des Gletſchers, und dort, wie an dem

Glacier des Bois, unter dem Aletſch- und Vieſchergletſcher, habe ich die Schlifflächen in unmittelbarem Contakt mit dem Eis des Gletſchers beobachten können. Man könnte entgegnen: Wenn wirklich die Gletſcher es ſind, welche ihr Bett ſchleifen, ſo müſſen ſie innerhalb ihrer jetzigen Grenzen daſſelbe vertiefen, und ſo Abgränzungslinien zwiſchen den verſchiedenen Punkten, welche ſie erreichen, aushöhlen. Das müßte allerdings geſchehen, und ſolche Aushöhlungen des Bettes müßten in der That bewerkſtelligt werden, wenn nicht die Gletſcher auf einem geneigten Boden ruhten, wo Abſchleifungen, auf eine nicht ſehr beträchtliche Tiefe, nicht wahrgenommen werden. Zudem ſchwankt ihre ſeitliche wie vordere Grenzlinie nicht nur jährlich, ſondern faſt täglich in bald geringerer bald weiterer Entfernung hin und her, ſo daß eine ſolche Grenzlinie ſtets wieder mit dem übrigen Thalboden nivellirt wird.

Ebenſo wichtig als die Schlifflächen ſind die Streifen, welche der Gletſcher dem Boden einfurcht. Unterſucht man aufmerkſam die Felſen, von welchen ſich der Gletſcher zurückgezogen hat, ſo findet man ſie wie zerkratzt von mehr oder minder deutlichen Streifen und Ritzen, welche ganz den Streifen ähnlich ſehen, welche man auf weit von den heutigen Gletſchern entfernten Felsſchliffen wahrnimmt. Sauſſure bemerkte ſchon dieſe Streifen auf Felsſchliffen des St. Bernhard, betrachtete ſie aber als eine Art Kryſtalliſation und ſtellte ſie mit den Streifen zuſammen, welche man oft auf der Oberfläche von

Digitized by Google

Quarzkryſtallen ſieht. *) Offenbar genügt dieſe Erklärung nicht, und ich bin überzeugt, wenn Sauſſure dieſelben Streifen unter den Gletſchern geſehen hätte, ſo würde auch er die wahre Urſache, die ihnen zu Grunde liegt, erkannt und eingeſehen haben, daß ſie der Gletſcherbewegung ihr Daſein verdanken. In der That wurde ſchon oben bemerkt, daß die Schicht von Schlamm, Sand und kleinem Geröll, welche meiſt ſich zwiſchen dem Gletſcher und ſeinem Felsboden findet, ſtets eine Menge kleiner eckiger Trümmerſtücke harter Kieſelgeſteine enthält, welche beim Vorwärtsſchreiten der Eismaſſen, worin ſie eingefroren ſind, wie eben ſo viel Diamante den Felsboden ritzen und kratzen, während die abgerundeten Steine der Geröllſchicht ihn glatt reiben und poliren.

Je feiner das Korn eines Geſteines iſt, deſto ſichtbarer und netter ſind die Streifen. Nirgends z. B. ſind ſie ſchärfer und deutlicher, als an den ſchiefrigen Serpentinen des Gletſcherbodens von Zermatt. Iſt dagegen das Gletſcherbett aus grobkörnigem Gneis oder Granit, wie z. B. am Abſchwung im Unteraargletſcher, gebildet, ſo werden die Streifen undeutlicher und namentlich weniger zuſammenhängend. Oft auch ſieht man neben den eigentlichen Streifen weißliche, runzliche, mehr oder minder vertiefte Kratze, welche nur da vorkommen, wo der Gletſcherboden Kalk iſt, und oft beim erſten Anblick nur ſchwer ſich von den Kalkſpathſtreifen unterſcheiden laſſen,

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes. Bd. III. § 996. S. 383.

welche in ſo großer Menge den Alpenkalk durchſetzen. Ein Hammerſchlag genügt indeß zu ihrer Unterſcheidung, da die Spathadern in die Maſſe des Kalks eindringen, die weißen Streifen aber nur ſehr geringe Tiefe beſitzen. Am Roſenlauigletſcher iſt dieſe Erſcheinung beſonders auffallend. Dieſe weißen Streifen rühren einzig daher, daß die kleineren Gerölle und abgerundeten Steinchen der Schuttſchicht unter dem Gletſcher, welche auf dem harten Granit keinen Eindruck zurücklaſſen würden, den weicheren Kalkſtein quetſchen und zerreiben, was beſonders an dem Roſenlaui um ſo mehr der Fall ſein muß, da ſeine Moränen und Gerölle aus granitiſchen Felsarten beſtehen, welche er aus der Höhe herab auf den Kalkſtein des Thalbodens ſchiebt.

Im Allgemeinen entſpricht die Richtung der Streifen der Axe des Gletſchers, alſo der Linie, nach welcher der Gletſcher zu Thal rückt. Zuweilen jedoch iſt dieſe nicht genau die Richtung der Thalſohle, und an vielen Stellen ſcheinen die Streifen anzudeuten, daß die alten Gletſcher im Zuſtande ihrer größern Ausdehnung nach anderen Richtungen hin vorwärtsſchritten, als das Thalbette ihnen jetzt vorſchreibt. Oft auch kreuzen ſich die einzelnen Streifen unter mehr oder minder ſpitzen Winkeln, was darin ſeinen Grund findet, daß die Ausdehnung des Gletſchers durchaus nicht vollkommen gleichmäßig an allen Punkten iſt, und namentlich die Ränder ſchneller vorwärts ſchreiten als die Mitte, wodurch natürlich eine ſchiefe Richtung entſteht; daß ferner die Ungleichheiten des Thalbodens oft hie und da lokale Veränderungen der

Bewegungsrichtungen bedingen, welche die allgemeine Bewegungslinie des Gletſchers mehr oder minder durchkreuzen, z. B. vorſpringende Kämme und Felſen des Thalbodens, und endlich, daß an den Thalwänden die Richtung der Streifen nothwendig eine mehr diagonale werden muß, da die nach allen Seiten hin wirkende Ausdehnung des Eiſes hier auch eine Bewegung desſelben von unten nach oben (gleichſam ein Anſchwellen des Gletſchers) und mithin ein Kratzen der Steinchen gegen den Fels in dieſer Richtung bedingt.

Man hat in der Kreuzung der Streifen einen Beweis gegen meine Anſicht, daß ſie von Gletſchern herrührten, finden wollen, und behauptet, nur Ströme von Schlamm und Sand hätten ſolche Wirkungen hervorbringen können. Warum ſoll aber die Bewegung eines Gletſchers in ſeinem Bette regelmäßiger ſein als die eines Waſſerſtromes in demſelben Thale? Und warum ſoll die Ausdehnung des Eiſes in verſchiedenen Richtungen nicht eben ſo gut verſchiedene Streifungsrichtungen erzeugen können, wie das Wellenſpiel eines Fluſſes? Und dann beweiſe man doch erſt, daß Waſſerſtröme durch ihr Geſchiebe auch wirklich ihr Bett ſo furchen können!

Statt einfacher Streifen beobachtet man zuweilen auf den Schliffflächen wahre Furchen, wie mit einem Pfluge gezogen, welche die allgemeine Richtung der Gletſcherbewegung inne halten, und deren Wände eben ſo, wie die anderen Flächen, geſtreift ſind. Durch die Art ihrer Politur, die Richtung ihrer Streifen und die Gleichför-

Digitized by Google

migkeit ihrer Wände, laſſen ſie ſich leicht von den ſpäter zu erwähnenden Karren unterſcheiden. Meiſtens werden ſie durch beſondere geognoſtiſche Verhältniſſe des Geſteins, Stellung der Schichten und ihrer Köpfe, Abwechslung verſchiedener Schichten, Gänge und Spalten bedingt, wo der Gletſcher mächtiger einwirkt, als auf vollkommen homogene Flächen.

Um die Schliffflächen und Streifen aus aller Beziehung zu den Gletſchern zu bringen, iſt man ſo weit gegangen zu behaupten, ſie ſeien von anderen Urſachen abhängig, ſeien ſchon vor den Gletſchern da geweſen und die Gletſcher bewegten ſich auf dem vorher geſchliffenen Boden fort, und conſervirten mehr oder weniger ſeine Politur. Wäre dies richtig, ſo müßten die Schliffflächen gerade unter dem Gletſcher und da, wo er früher geweſen, am undeutlichſten, dagegen in weiter Entfernung davon weit ſichtlicher und beſſer erhalten ſein; es dürften da, wo der Fels leicht verwittert, die Schliffflächen nicht mit zunehmender Entfernung vom Gletſcher undeutlicher werden und verſchwinden, während ſie unter dem Gletſcher ſelbſt vollkommen deutlich und wohl erhalten ſind; man dürfte endlich nicht beobachten, daß auf ſolchem verwitternden Boden die verſchwundene Politur ſich wieder hergeſtellt, wenn der Gletſcher ihn von neuem überzieht. Am Roſenlauigletſcher habe ich noch dieſes Jahr beobachtet, daß er beim Vorrücken die Schliffe und Streifen eines Theils ſeines Bettes, von welchem er ſich ſeit einiger Zeit zurückgezogen hatte, wieder aufgefriſcht und in neuem Glanze hergeſtellt hat; — ein unwiderleglicher Beweis, dünkt

mich, daß die Schliffe und Streifen den Gletſchern und nur den Gletſchern ihr Daſein verdanken.

Nie trifft man auf den durch das Waſſer bewirkten Schliffen Streifen an, und ſie bleiben durch die Annahme der Waſſerſtröme als Bewegungsmittel der erratiſchen Blöcke durchaus unerklärlich. Die Anhänger dieſer Theorie läugnen ſie daher entweder ganz ab, was freilich das Bequemſte iſt, — oder ſie zucken die Achſeln, erklären „es ſei eben Nichts damit" und ſchreiben ſie dem Zufall oder Gott weiß welchen Urſachen zu.

Die Waſſerfälle und Bäche üben auf den Gletſchergrund einen eigenthümlichen Einfluß aus. Da ſie oft mit großer Heftigkeit durch die Spalten, Löcher und Trichter hinabſtürzen, ſo nutzen ſie zuerſt den Grund ab, worauf ſie gerade auffallen, verwiſchen die durch das Eis bewirkte Politur, und erſetzen ſie durch die matte Schliffläche, welche durch das Waſſer im Allgemeinen bedingt wird; erhalten ſie ſich während einiger Zeit am nämlichen Ort, ſo höhlen ſie ſelbſt kleine Löcher und Becken in den Felsgrund aus. Oft kann man dieſe Löcher durch die Spalten hindurch gewahren; häufig findet man ſie auf verlaſſenem Gletſchergrund. Am unteren Ende des Vieſchergletſchers ſind ſie ſehr auffallend (ſ. Taf. 9).

Iſt der Gletſchergrund ſehr geneigt, ſo bilden dieſe Waſſerfälle vertikale Rinnen im Felsgrund, welche zu eben ſo viel natürlichen Abzugskanälen für die Gletſcherwäſſer werden. Am Roſenlaui- und unteren Grindelwaldgletſcher ſind dieſe Abzugskanäle beſonders ausgebildet und ich habe ſie überhaupt nur an Gletſchern gefunden, welche wie dieſe,

auf Kalkboden ruhen. Auf Granitboden habe ich ſie noch nicht bemerkt, es ſcheint daher dieſe Erſcheinung von der Natur des Felsgrundes abzuhängen.

Weiter unten werden wir ſehen, daß die vertikalen Rinnen, welche man ſo häufig auf den verlaſſenen Gletſcherſchliffen der Alpen ſowohl wie des Jura antrifft, und welche von den deutſchen Schweizern Karrenfelder genannt werden, ähnliche Waſſerrinnen ſind, welche aus jenen Zeiten herſtammen, wo dieſe Gegenden mit Eis bedeckt waren.

Digitized by Google

Fünfzehntes Kapitel.

Die Temperatur der Gletſcher, ſo wie des Bodens, der Gewäſſer und der Atmoſphäre in ihrer Umgebung.

Die Temperatur iſt der Hauptgrund der Bildung, Ausbreitung und Bewegung der Gletſcher, und es muß deshalb von höchſter Wichtigkeit erſcheinen, genau alle Urſachen zu kennen, welche die verſchiedenen Wechſelzuſtände bedingen können, denen Luft und Boden unſerer Alpen in dieſer Hinſicht unterworfen ſind. Leider aber hat man nur wenige Beobachtungen über dieſen Gegenſtand, und auch dieſe ſind gleichſam nur im Fluge geſammelt. So lange man nicht ein beſtändiges Obſervatorium an einem hinlänglich geſchützten Kamm unſerer Hochkuppen hat, wird man nie zu einer genügenden Maſſe von Thatſachen gelangen, welche nöthig ſind, um alle Fragen über die Zuſtände der Atmoſphäre in jenen Hochregionen, welche ſich in Menge aufdrängen, genau zu beantworten. Es wäre einer einſichtigen Regierung oder einer wiſſenſchaftlichen Geſellſchaft würdig, die Köſten der Erhaltung eines

ſolchen Obſervatoriums zu tragen, und ſicher würden die Früchte, welche eine ſolche Unternehmung tragen würde, eben ſo köſtlich für die Wiſſenſchaft als viele der koſtbaren wiſſenſchaftlichen Reiſen in fremde Länder, die oft höchſtens einige neue Thier- und Pflanzennamen der Wiſſenſchaft eintrugen.

Da man bisher noch keine Unterſuchungen über die Variationen der Temperatur des Eiſes unter 0° im Innern des Gletſchers gemacht hatte, und einige vereinzelte Beobachtungen, welche ich an den Gletſchern des Montblanc angeſtellt, mir keine genügende Reſultate zu ergeben ſchienen, ſo beſchloß ich, mehrere Tage hintereinander auf dem Gletſcher zuzubringen, und bei Tag wie bei Nacht Beobachtungen anzuſtellen, welche, wie ich hoffte, eine genügende Reihe darbieten würde, um Schlüſſe daraus abzuleiten.

In Ermangelung eines bequemeren Beobachtungsortes hatte ich deshalb auf dem Unteraargletſcher, unter einem Blocke der großen Guffer, welche den Lauteraar- und Finſteraargletſcher trennt, in einer Entfernung von 797 Metres vom Abſchwung eine Hütte erbauen laſſen, deren abſolute Höhe ich auf etwa 7500 Fuß ſchätze (da die zahlreichen Barometerbeobachtungen, welche zu dieſer Höhenbeſtimmung gemacht wurden, noch nicht berechnet ſind). Während 9 Tagen und 7 Nächten, welche ich dort zubrachte, habe ich in Allem 24 Beobachtungen über die Temperatur des Gletſchers in verſchiedenen Tiefen angeſtellt, indem ich mit einem zweckmäßigen Bohrer Löcher bis zu 25 Fuß Tiefe in das Eis bohrte. Es brachten

dieſe Beobachtungen ganz unerwartete Schwierigkeiten mit ſich; der Transport gewichtiger eiſerner Stangen in eine Entfernung von vier Stunden von der letzten Wohnung, der Grimſel, das Bohren ſelbſt in der zähen Eismaſſe; die Schwierigkeit, die ſtets von neuem zuſammenfrierenden Eisbrocken aus dem Loche hervorzubringen, endlich das Einfrieren der Inſtrumente ſelbſt in den Löchern und die ſtete Hinderung, ſie aus einer Tiefe von mehr als 10 Fuß hervorzuziehen, machte ſowohl ein tieferes Eindringen, als auch eine größere Zahl von Beobachtungen unmöglich. Meine Beobachtungen wurden mit 2 hunderttheiligen Thermometern a minima von Bündten in Paris, deren Nullpunkt ſorgfältig in ſchmelzendem Eis beſtimmt und deren Gang aufs Genaueſte verglichen war, angeſtellt, indem ich ſie bald in dasſelbe Loch in verſchiedenen Tiefen, bald in verſchiedene Löcher und verſchiedene Tiefen einſenkte, und ich habe beobachtet, daß in einer Tiefe von 1—2 Fuß unter der Oberfläche die Wärme des Gletſchers —0°,33 war, wenn auch die Luft nicht auf 0° ſank während der Nacht. In größeren Tiefen fand ich dieſelbe Temperatur, doch mit einer Neigung tiefer zu ſinken, beſonders in den zwei Nächten wo der Thermometograph in 18 u. 25 Fuß Tiefe eingeſenkt war. Das Metallrohr, worin er ſteckte, war eingefroren, und mußte mit ſiedendem Waſſer gelöſt werden. In einer Nacht, wo die Luft an der Gletſcherfläche auf —3° ſank, zeigte das Thermometer in 8 Fuß Tiefe ebenfalls —0°,33 und die Metallſcheide war ebenfalls eingefroren, während ſie bei andern Beobachtungen, ſelbſt in 15 Fuß

Tiefe und bei gleicher Temperatur von — 0°,33 nicht einfror.

Tags über, wo ſich die äußere Temperatur über 0° erhob, verhielt es ſich anders. Dann zeigte die oberflächliche Schicht des Gletſchers bis zu 8 Fuß Tiefe genau 0°; in 9 Fuß — 0,33, ohne daß die Scheibe einfror, und in 25 Schuh Tiefe, am letzten Tage ſelbſt etwas weniger, während die Lufttemperatur +12 betrug. Die Eisſtücke, welche ich bei dem Herausreißen der Thermometer an die Oberfläche brachte, waren vollkommen homogen ohne Luftblaſen im Innern.

Es geht aus dieſer kleinen Beobachtungsreihe hervor, daß in einer gewiſſen Tiefe der Gletſcher ſtets eine gleiche Temperatur unter 0° hat, und daß die Oscillationen der äußeren Luftwärme nur in den oberen Schichten bis zu 8 Fuß Tiefe merkbar ſind, indem hier die Temperatur dann ſich auf 0° erhebt. *) Da aber täglich dieſe Oscillationen im Sommer vorkommen und ſelbſt ſehr bedeutend ſind, ſo folgt daraus ein ſteter Wechſel von Aufthauen und Gefrieren des Thauwaſſers, wie wir es zur Bildung

*) Zumſtein erzählt, er habe bei — 10° Lufttemperatur in einer Höhe von 13,128 Fuß in einer Spalte übernachtet, als er ſeine zweite Beſteigung des Monte-Roſa unternommen; morgens zeigte der Thermometer — 7° in freier Luft, — 4° an der Oberfläche des Eiſes, und — 10° im Eiſe ſelbſt. Zumſtein ſagt aber nicht in welcher Tiefe das Thermometer im Eiſe eingegraben, und ob es vor dem Einfluß der äußeren Temperatur gehörig geſchützt war. Da er ferner nur dieſe eine Beobachtung erwähnt, ſo kann man ihr unmöglich ein entſcheidendes Gewicht beilegen.

Digitized by Google

und Bewegung der Gletſcher für nöthig vorausgeſetzt haben, und es wird ſo ſowohl unſere Anſicht hierüber, als über die ſchnellere Bewegung der oberen Schichten, die dieſen Oscillationen beſonders ausgeſetzt ſind, vollkommen beſtätigt.

Sobald die umgebende Luft und der Grund, auf welchem die Gletſcher ruhen, einen Wärmegrad erlangen, welcher den Froſtpunkt überſteigt, ſo beginnt das Schmelzen; die Oberfläche wird feucht, und bald, wenn ſich dieſe Wärme einigermaßen erhält, bilden ſich überall kleine Bächlein, welche nach allen Seiten über den Gletſcher rieſeln und ſich in ſeiner Maſſe verlieren. Gleicher Weiſe bilden ſich überall an den Seiten und an der Unterfläche des Gletſchers ſolche Gewäſſer, welche allen Unebenheiten des Bodens folgend, ſich in den Gletſcherbach ſtürzen, der aus der Unterfläche hervorſtrömt. Ich habe auf vielen Gletſchern die Temperatur dieſer Bächlein gemeſſen, und ſie ſtets unverrückbar auf 0° gefunden, mochte die Temperatur der Luft ſein wie ſie wolle; ich habe mehrere Jahre hindurch zu verſchiedenen Tageszeiten auf den Gletſchern von Chamouni, Trient, Zermatt und Sankt Theodul, ſo wie dem Aletſch-, Aar- und Zmuttgletſcher dieſe Beobachtung ſtets beſtätigt gefunden. Allein man muß einen Unterſchied machen zwiſchen denjenigen dieſer Bächlein, welche auf reinem, und denen, welche auf ſchmutzigem Eiſe laufen; wenn ſie zwiſchen Sand und Schutt rieſeln, ſo wechſelt ihre Temperatur zwiſchen +0°,1° und +0°,7°. Vereinigen ſich alle dieſe Wäſſerchen zu einem Gießbach, ſo behält dieſer ſtets noch ſeine Temperatur von 0° bei, jedoch

mit einer leichten Strich darüber; ich habe dies im Eismeer von Chamouni, auf dem Unteraar-, Aletſch- und beſonders auf dem Zermattgletſcher beobachtet, deſſen Oberfläche von unzähligen Quellen und Gießbächen durchſchnitten wird, die ſich oft mit lautem Getös in die Schründe hineinſtürzen, welche ſich ihnen entgegen ſtellen. Dasſelbe habe ich in allen Löchern, deren Grund reines Eis war, beobachtet, von welcher Größe auch ihre Tiefe und Breite waren; das Waſſer kleiner Löcher, die mein Thermometer faſt ausfüllte, wie das weiter Aushöhlungen von mehreren Fuß Breite und Tiefe, hatte ſtets gleichmäßig 0°, ſelbſt wenn die Luft 5—6 Grad Wärme zeigte.

Das größte Loch, welches ich unterſucht, war ein Becken auf dem Unteraargletſcher von 12 Fuß Länge, 3 Fuß Breite und 8 Fuß Tiefe; leider konnte ich mich nicht überzeugen, welches die Temperatur auf dem Grunde war; 3 Zoll unter der Waſſerfläche zeigte das Thermometer 0°, die Luft hatte 5 Grad Wärme.

Iſt aber der Grund dieſer Löcher mit Schlamm, Sand oder Schutt bedeckt, ſo ändert ſich die Sache. Das Waſſer wird dann darin wärmer, weil der dunkle Grund die Wärmeſtrahlen abſorbirt. Ich habe große Verſchiedenheiten der Temperatur in ſolchen Löchern angetroffen; das Waſſer in dem einen zeigte kaum etwas über 0°, während in andern ſeine Wärme auf +1°,5 ſtieg. Auf dem Zermattgletſcher zeigten dieſe dunkel ausgekleideten Waſſerbecken nie unter +0°,5 — +0°,8, während auf dem Unteraargletſcher ich deren von +0°,5, +1° und ſelbſt von +1°,5 gemeſſen habe.

Wir haben oben (S. 53) auseinandergeſetzt, wie die Anſchwemmung dunkelgefärbter Körper durch die kleinen Waſſerrieſel, welche die Gletſcherfläche durchfurchen, ohne Zweifel den Hauptgrund der Bildung jener Löcher abgeben, deren Boden ſie auskleiden. Jedoch tritt hier noch ein anderes Verhältniß hülfeleiſtend hinzu. Das Waſſer erhitzt ſich an der Oberfläche dieſer Löcher auf einen höheren Grad, als am Boden, wo es beſtändig im Contakt mit den erkältenden Eisflächen ſteht. Das zwiſchen +4°,5 und +3° warme Waſſer iſt nun ſchwerer, als das, welches auf dem Gefrierpunkte ſteht. Es entſtehen daher in dieſen Löchern Strömungen des erwärmten Waſſers, welches auf den Grund ſinkt, während das eiskalte Waſſer in die Höhe ſteigt und an der Oberfläche von neuem erwärmt wird. Das erwärmte Waſſer am Grunde wirkt nun als Löſungsmittel auf das Eis, wodurch es bald bis zu 0° erkältet wird und von neuem in die Höhe ſteigt. So vergrößern ſich durch dieſen Wechſelſtrom die Löcher immer mehr; die Waſſerrieſel ſchwemmen immer mehr erdige Theile hinzu, welche, ihrer Undurchſichtigkeit wegen, ſich ſtärker erhitzen und es entſtehen auf dieſe Weiſe allmählig jene anſehnlichen Becken und Trichter, welche beim erſten Anblick ſo ſehr in Erſtaunen ſetzen (ſ. Taf. 1 und 2).

Ich habe den Gletſcher feucht und im Schmelzen begriffen geſehen, bei einer Lufttemperatur von kaum +1°; oft aber ſcheint er kaum feucht zu werden, auch wenn die Wärme der Luft weit größer iſt. Es hängt dies von dem hygrometriſchen Zuſtande der Luft ab; iſt dieſe ſehr

trocken, ſo verwandelt ſich das Eis unmittelbar in Waſſerdampf, ohne vorher in den flüſſigen Zuſtand überzugehen und die Gletſcherfläche bleibt trocken.

Fällt Abends die Temperatur der Luft unter den Nullpunkt hinab, ſo erſtarren die ſämmtlichen Waſſerrieſel der Oberfläche und die Rinnen längs den Seiten hinab; die kleinen Waſſerbecken gefrieren, und überall ſproſſen auf dem ganzen Gletſcher kleine Eisnadeln hervor, welche durch dieſes Gefrieren und die Ausdehnung des Waſſers erzeugt werden, welches vorher die Fugen der einzelnen Gletſcherfragmente erfüllte, und nun ſich aus denſelben hervordrängt. Ich habe dies Phänomen auf dem Unteraargletſcher geſehen, bei einer Lufttemperatur von kaum —1°,5; es entſteht eine höchſt mannichfaltige baumförmige Inflorescenz; ſelbſt die kleinen Spalten ſtarren überall von Nädelchen der verſchiedenſten Form und Größe, die ſich auf ihren Rändern emporrichten, und iſt der Nachtfroſt ſehr ſtark, ſo gefriert das Waſſer ſelbſt in den Schründen von mehr als einem Zoll Breite vollſtändig, und tritt in Form verſchiedenartiger Kämme, die ich auf dem Aletſch- und Aargletſcher ſehr ſchön beobachtet habe, über die Eisfläche des Gletſchers hervor. Die Aelpler nennen dieſe ſeltſamen Eisnadeln und Kämme ſehr bezeichnend Gletſcherblumen. Morgens aber, mit der Rückkehr der Wärme, fallen dieſe Blumen ab, die Waſſerrieſel beginnen ſich zu regen, die kleinen Becken thauen auf, und bald nimmt die Gletſcherfläche das unruhig bewegte Leben wieder an, welches im Nachtfroſte erſtarrt war.

Auf dem Unteraargletſcher habe ich Bäche von 2 Fuß Breite und 8—10 Zoll Tiefe beobachtet, welche Abends bei —1°5 und —2° vollkommen ſtill ſtanden, und am Morgen, auch bei einer Wärme von nur wenigen Graden über 0°, von neuem zu rinnen begannen. Bei warmen Regen und 5° Lufttemperatur, ſah ich den Gletſcher ſo eben, daß man das in den Spalten gebildete Eis genau von dem der übrigen Maſſe unterſcheiden konnte, indem es bald parallele, bald verſchiedenartig ſich kreuzende Fäden eines blauern und compakteren Eiſes, als die übrige Gletſchermaſſe, bildete. Viele dieſer Ausfüllungen waren 1 bis 3 und mehr Zoll breit, bei verhältnißmäßig ſehr bedeutender Länge; es waren offenbar durch friſches Eis ausgefüllte Schründe. Auf ähnliche Weiſe ausgefüllte Becken und Löcher habe ich auch beobachtet, und habe mich überzeugt, daß an einzelnen Stellen die Schneefüllungen der Schründe und Löcher ſich durch Tränkung mit Waſſer in Gletſchereis umwandelten, welches durchaus nicht von dem gewöhnlichen zu unterſcheiden war, und nur an den Rändern des Schrundes eine Abgränzung darbot. Der Gletſcher hatte an dieſen Tagen das Ausſehen eines mattweißen, nach allen Richtungen von dunklen gefärbten Adern durchzogenen Felſen.

Wie ſehr dieſe Beobachtungen für unſere Theorie der Bewegung und Bildung ſprechen, brauche ich wohl nicht zu erwähnen.

Die Gletſchermaſſe ſelbſt erweicht ſich während der Tageshitze, und ihre Fugen löſen ſich oft bis auf mehrere Fuß Tiefe an dem Thalende, beſonders da, wo die Ober-

Digitized by Google

fläche nicht von Blöcken bedeckt iſt. Während des Nachtfroſtes erſtarrt ſie von neuem, und durch das Gefrieren dehnt ſie ſich nach allen Richtungen hin aus. Dieſe Ausdehnung wird um ſo beträchtlicher ſein, je bedeutender die Hitze des Tages war, in je größerer Tiefe die Eisfugen gelöſt worden, und je mehr Waſſer in die Haarſpalten des Eiſes eingeſickert iſt. Dieſer ſtete Wechſel zwiſchen Gefrieren und Aufthauen iſt in der That die *einzige* wirkende Urſache der Gletſcherbewegung, wie *Scheuchzer* und *Biſelx* ſchon erkannt und *Touſſaint de Charpentier* ſo geiſtreich beſtätigt hat, und es liegt in dieſem Bewegungsgrunde auch die einzige Urſache, warum im Sommer die Gletſcher weit mehr vorrücken, als in den andern Jahreszeiten, wo die Oscillationen der Temperatur um den Gefrierpunkt nicht ſo bedeutend ſind. Die Leichtigkeit, womit das neugebildete Nachteis wieder während des Tages ſchmilzt, trägt viel zu dieſer Ausdehnung der Haarſpalten und Gletſcherräume, worin es einſickern kann, bei. Es wäre jedoch falſch, wollte man aus dieſer Unbeſtändigkeit des Nachteiſes im Verhältniß zu dem weit hartnäckiger widerſtehenden Gletſchereis, den Schluß ziehen, daß erſteres nicht ſo mächtig als wir es dargeſtellt, zur Ausdehnung des Gletſchers beitrage, während doch ſeine ſtete Neubildung und Zerſtörung die Haupturſache der vorwärtsſchreitenden Gletſcherbewegung iſt. Im Winter hingegen iſt der Gletſcher in bedeutende Schneemaſſen eingehüllt, die ihn kaum unter ihrer tiefen Decke von benachbarten Gegenſtänden unterſcheiden laſſen; ſeine ganze Oberfläche iſt gefroren, die

Digitized by Google

kleinen Sommerrieſel erſtarren und ſelbſt der Bach, der aus ſeinem Thore hervorſtürzte, verſiegt ganz oder größtentheils, und völlig unbeweglich erhält ſich die erſtarrte Maſſe, bis der Sommer mit ſeiner Wärme eine neue Bewegungsepoche bedingt. Prof. Biſchof von Bonn hat in Verein mit Herrn Pfarrer Ziegler in Grindelwald eine Reihe ſehr wichtiger Beobachtungen über die Temperatur der Grindelwaldgletſcher, der Bäche, die aus ihnen und der Quellen, die in ihrer Nähe entſpringen, angeſtellt. *) Es geht aus dieſen Beobachtungen hervor, daß die weiße Lütſchine, welche aus dem unteren Gletſcher hervorſtürzt, und kein Quellwaſſer, wie es ſcheint, empfängt, während des Winters gänzlich verſiegt; während die aus dem oberen Gletſcher entſpringende ſchwarze Lütſchine zwar abnimmt im Winter, aber doch, ſelbſt in der ſtrengſten Kälte, ihren Lauf fortſetzt, weil ſie zugleich von mehreren Quellen genährt wird. Altmann **) ſchon hatte Quellen als vermuthlichen Grund dieſer Unterſchiede zwiſchen den Gletſcherbächen bezeichnet.

Man hat viel über die Urſache des Abſchmelzens der Gletſcher an ihrer Unterfläche geſtritten. Sauſſure und ſeine Anhänger ſchreiben dieſe Erſcheinung hauptſächlich der inneren Erdwärme zu; Biſchof †) hingegen hat ſehr überzeugend nachgewieſen, daß die Erdwärme nur

*) Die Wärmelehre von G. Biſchof. S. 117.

**) J. G. Altmann, Verſuch einer hiſtoriſchen und phyſiſchen Beſchreibung der helv. Eisberge. Zürich 1751. S. 49.

†) Wärmelehre. S. 102.

einen äußerſt geringen Einfluß auf die Bodenwärme an der unteren Gletſcherfläche haben könne, und daß nur unterhalb der Froſtlinie des Bodens eine Abſchmelzung durch die Erdwärme möglich ſei. Dieſe Froſtlinie aber, wo die mittlere Bodenwärme 0° iſt, behauptet in unſeren Alpen die Höhe von 6165 Fuß über dem Meere; daraus müſſen wir demnach ſchließen, daß, abgeſehen von unteren Strömungen, ein Gletſcher, deſſen Thalende die Höhe von 6165 Fuß nicht erreicht, nur während des Sommers auf den Seiten und der Oberfläche, nicht aber durch den Einfluß der Erdwärme auf ſeiner Unterfläche ſchmelzen kann. Für die Theorie der Gletſcherbewegung ſind dieſe Schlüſſe von äußerſter Wichtigkeit, indem ſie darthun, daß in der abſoluten Höhe von 6165 Fuß der Gletſcher nicht mehr ſchmelzen kann, und demnach ſein Herabſteigen von den höchſten Kämmen bis zu dieſer Höhe nicht einem, durch dieſe Schmelzung bedingten Gleiten, ſondern anderen, auf die Oberfläche wirkenden Urſachen zugeſchrieben werden muß, welche wir ſchon in einem der vorhergehenden Kapitel zu erörtern geſucht haben.

Nach Biſchof's Beobachtungen ſcheint die Bodenwärme unmittelbar unter dem Gletſcher =0° zu ſein; allein ſeine Beobachtungen ſind zu ungenügend, um unſere Kenntniſſe über dieſen Punkt weſentlich zu fördern. Man müßte an verſchiedenen Orten den Gletſcher bis auf ſeinen Felſengrund durchſenken, und in den Bohrlöchern die nöthigen Beobachtungen anſtellen, um genaue Reſultate zu erhalten. Ich habe die Abſicht, auf einem Punkte des Unteraargletſchers, wo die Maſſe nicht zu bedeutend

iſt, dieſe Bohrverſuche anzuſtellen. Sei dem, wie ihm wolle, ſo viel iſt gewiß, daß die erkältende Einwirkung der Gletſchermaſſe auf ſeinen Boden ſich nicht weit über ſeine Grenzen hinaus erſtreckt; denn Biſchof fand die Bodentemperatur am Gletſcherrande am 26. Auguſt 1835 +2° und 100 Schritte davon +8°,5.

Wohl aber hat der Gletſcher einen bedeutenderen Einfluß auf die Gewäſſer, die ihm entſpringen, als auf die Wärme des Bodens. Ich habe zu wiederholten Malen die Temperatur des Visphaches gemeſſen, der aus dem Zermattgletſcher hervorſtürzt und habe ſie ſtets des Morgens früh kaum merklich über 0° gefunden, während ſie den Tag über bis auf +1°5 ſtieg. Ebenſo verhält ſich der Bach des Zmuttgletſchers. Oberhalb Zermatt, eine Stunde unterhalb des Gletſchers, wo die Visp ſchon den Bach des Zmuttgletſchers aufgenommen hat, war ihre Temperatur ebenfalls etwas über 0° des Morgens früh; eine Stunde unterhalb Zermatt (zwei Wegſtunden vom Gletſcher entfernt) zeigte das Waſſer der Visp +1°7 bei +9° Lufttemperatur; bei Täſch, nach Aufnahme des Baches vom Finelengletſcher +2° bei +9° Lufttemperatur; bei Herbringen +3° bei +9°,5 Lufttemperatur um 9 Uhr Morgens, bei bedecktem Himmel. Zu Stalden endlich, 7 Stunden von Zermatt, hatte die Visp +5° bei +14° Lufttemperatur; indeß ſtürzen von Herbringen an zahlreiche Bächlein von den ſteilen Thalwänden herab in ihr Bett, deren Temperatur zwiſchen +4° und +6° ſchwankte. Der Lauf der Aar im Haslithale hat mir eine ähnliche Reihe von Temperaturerhöhungen gezeigt. Beim

Austritte aus dem Unteraargletſcher hat ſie + 1°; unter dem Grimſelhoſpiz ſchon + 2°; über der Handeck + 3°; unter dem Handeckwaſſerfall + 4°; bei Guttannen + 5°; bei Hasli im Grund + 6°; bei Meiringen + 7° und beim Eintritt in den Brienzerſee + 9°. Ich habe dieſe Verſuche mehrmals wiederholt und nur geringe Schwankungen in dieſen Temperaturen wahrgenommen, wenn auch die Lufttemperatur ſehr bedeutende Abweichungen zeigte. Es nimmt demnach die Temperatur des Aarwaſſers etwa in jeder Stunde Wegs, die es zurücklegt, um einen Grad C. zu.

Sehr erſtaunt dagegen war ich, als mir das Thermometer im Waſſer des Riffelſees, der mehr als 7000 Fuß über dem Meere erhaben liegt, + 9° bei einer Lufttemperatur von + 5° zeigte. Der Todtenſee auf dem Grimſelpaſſe hatte + 8° bei + 4° Luftwärme um 7 Uhr Abends, und am 10. Auguſt 1840 bei einer Luftwärme von + 5°, Abends 5 Uhr + 9°,3. Der Trübtenſee am Sidelhorn hatte am 22. Auguſt 2 Uhr Mittags bei + 15° Lufttemperatur + 7° und ſein Hauptzufluß + 10°. Während mehrerer kalter Tage, wo das Thermometer nicht über + 5° im Tage ſtieg und bei Nacht mehrere Grade unter 0° fiel, fand ich die Temperatur des kleinen Sees neben dem Grimſelhospital unveränderlich auf + 8°, und doch liegt dieſer See in einer Höhe von 5830 Fuß über dem Meere. Vom 8. bis zum 22. Auguſt 1840 habe ich ſeine Wärme mehrmals gemeſſen und zu allen Tageszeiten zwiſchen + 9° und + 10° ſchwankend gefunden, während die Lufttemperatur zwiſchen + 3° und + 13°5

variirte. Freilich werden die angeführten Seen nicht von Gletſchern genährt und könnten wohl warme Quellen enthalten.

Das Abſchmelzen der Gletſcher bringt noch eine ſehr intereſſante Erſcheinung hervor, die kleinen Waſſerbecken und Seen, welche man auf ihrer Oberfläche und an ihren Rändern findet.

Wir haben ſchon in frühern Kapiteln die Entſtehungsart der kleinen Löcher, Becken und Trichter auf der Oberfläche der Gletſcher behandelt; die kleinen Randſeen ſtehen ihnen an geologiſchem Intereſſe vielleicht noch voran. Oft hängt der Gletſcher an ſeinem Rande und ſeiner Unterfläche ſo enge mit dem Felsboden zuſammen, daß er dem Waſſer, welches die Runſen der Seiten hinabrieſelt, den Ausfluß verſperrt. Es bilden ſich dann in den Einbuchtungen der Thäler, wenn ſie der Gletſcher nicht vollkommen erfüllt, mehr oder minder beträchtliche Waſſeranhäufungen, welche die Sandecken überſchwemmen, auswaſchen, und den Schlamm, Sand und die verſchiedenen kleinen Kieſel der Moränen in unregelmäßigen Schichten auf ihrem Boden ablagern. Bietet nun eine Spalte oder das Vorwärtsrücken des Gletſchers ihnen einen Ausfluß dar, ſo entleeren ſie ſich und laſſen ihren geſchichteten Bodenſatz zurück. So trifft man dann öfters im Verlaufe der Moränen ziemlich ausgedehnte Strecken, wo dieſe ihr verwirrtes Anſehen verlieren, und mehr oder weniger, wie im Allgemeinen alle Waſſerdepots, geſchichtet erſcheinen, und in der That ſind auch die kleinen Randbecken Urſache dieſer Schichtung. Es giebt ſolche Randſeen, welche

beſtändig ſind, und ſich unter den Gletſcher in ſein Bett oder durch Felſenſpalten nach Außen entleeren. Der Aletſch- oder Mörilerſee zur Seite des Gletſchers gleichen Namens, zwiſchen dem Bedmerhorn und den Walliſer Vieſcherhörnern gelegen, iſt vielleicht einer der bedeutendſten dieſer Randſeen (ſ. Taf. 12); er verurſachte früher oft ſehr bedeutende Verwüſtungen, wenn ſein aufgeſtautes Waſſer ſich plötzlich durch das Gletſcherbett entleerte; die Regierung hat ſeit dem einen Stollen durch den Berg treiben laſſen, wodurch er ſich nach dem Vieſchgletſcher hin entleert, wenn er anſchwillt. Noch jetzt aber greift er oft ſo weit unter den Gletſcher, daß ungeheure Eisblöcke ſich loslöſen, in ihn hineinſtürzen, und auf ſeiner Oberfläche herumſchwimmend, genau das Bild im Kleinen darbieten, welches die ſchwimmenden Eisberge des nordiſchen Polarmeeres im Großen uns vorführen. Dieſe Eisblöcke ſehen den Eisnadeln vollkommen ähnlich; ihre Farbe iſt ein ſanftes Meergrün. Im Auguſt 1839 fand ich die Temperatur des Waſſers im Aletſchſee +1°,5 bei +5° Luftwärme. Dieſe Wärme des Waſſers bedingt ohne Zweifel das Herabfallen der Eisblöcke, die auf ihm ſchwimmen. Unterminirt durch dasſelbe, fallen die Eisblöcke hinein, ſobald ihr Gewicht ihre Adhäſionskraft überwiegt, und löſen ſich allmählich ſchwimmend im Waſſer auf, oder ſtranden am Ufer. Martins erklärt ganz auf dieſelbe Weiſe die ſchwimmenden Eisberge der Polarmeere *).

---

*) Bibliothèque universelle de Genève. 1840. No. 55. p. 158. Bulletin de la soc. géolog. de France. Tom. XI. p. 288.

Aehnliche Wirkungen zeigen ſich an den Rändern der Gletſcher, wenn ſie bei ihrem Vorwärtsſchreiten den Ausgang eines in ihr Thalbett mündenden Thales verſtopfen. Die Gewäſſer des geſperrten Thales ſtauen ſich über dem Gletſcher auf, bilden oft große Seen, welche den Gletſcher überſchwemmen oder endlich hinlängliche Stärke gewinnen, um den Eisdamm, der ſie zurückhält, zu durchbrechen, und ſich mit raſender Gewalt freien Weg bahnen, in ihrem reißenden Laufe alles vor ſich niederwerfend was ihnen in dem Wege ſteht. Eine traurige Berühmtheit hat in dieſer Beziehung die Ueberſchwemmung des Bagnethales im Wallis erlangt. *) Wie wir oben geſehen, ſperrte der Glacier de Gietroz das Thal, welches bald ein beträchtlicher See wurde. Die aufgeſtaute Waſſermaſſe durchbrach im Jahre 1818 den Eisdamm, und verwüſtete auf fürchterliche Weiſe das Thal bis unter Martigny hinab. Die alten Schweizerchroniken berichten eine Menge Ereigniſſe dieſer Art, und beurkunden ſo die Häufigkeit dieſer Conflicte zwiſchen Eis und Waſſerſtröme.

Von Charpentier war der Erſte, welcher die geologiſche Wichtigkeit dieſer Randſeen hervorhob und auf ihre geſchichteten Bodenſätze aufmerkſam machte; er hat alte Moränen im Rhonethale entdeckt, die dasſelbe Ausſehen darbieten, und ſicher in einem ſolchen Randſee zur Seite eines ungeheuren Gletſchers von neuem aufgeſchwemmt worden ſind. Ich habe mit Charpentier eine der intereſſanteſten Lokalitäten dieſer Art, oberhalb der

*) Naturhiſtoriſcher Anzeiger. 1818. Nr. 12.

Digitized by Google

Bäder von Lavey beſucht, wo ohne Zweifel der rechte Gletſcherrand in ein ſolches Waſſerbecken tauchte. Seither habe ich an verſchiedenen anderen Orten, und ſelbſt im Jura, viele ſolcher Stellen angetroffen; ſie finden ſich hier in verſchiedenen Höhen, wo die Gletſcher bei ihrem Rückzuge längeren Halt machten, und ſind in weit größerem Maaßſtabe als ſelbſt die der Alpen angelegt.

Endlich bilden ſich dann zuweilen noch ſolche Eisſeen, wenn zwei große Gletſcher unter einem ſehr ſtumpfen Winkel in einem Thale mit ihren zugekehrten Rändern zuſammentreffen; das Waſſer ſammelt ſich in dem Vereinigungswinkel, oder bildet ein kleines Becken, das ſich ſo lange vergrößert, bis es über den Gletſcher abfließt. Oft auch wird, durch das Vorwärtsſchreiten der Gletſcher, beſonders wenn derjenige, welcher dem andern ſchief in die Flanke fällt, der größere iſt, das Becken auf den Gletſcher geſchoben, ganz auf dieſelbe Weiſe wie die Gufferlinien. So wird der am Fuße des Gornerhorns gelegene kleine See, von dem großen ſeitlich herankommenden Gornergletſcher mit ſammt der ihn begrenzenden Moräne ſchief auf den Gletſcher geſchoben, rückt mit dieſem voran und entleert ſich meiſtens in den erſten Sommermonaten unter dem Gletſcher durch. De Sauſſure beſchreibt *) einen ähnlichen See am Fuße des Mont-Noir, zwiſchen den Gletſchern von Tzeudey und Valpeline in dem Valſoreythale, der ſich meiſt im Anfang Juli entleert und zuweilen große Verwüſtungen anrichtet. Am

*) Saussure, Voyages. Tom. II. p. 385.

Fuße des Abſchwung im Vereinigungswinkel des Lauter- und Finſteraar bilden ſich auch zuweilen ſolche Tümpel.

Indeß iſt das Abſchmelzen der Ober- und Unterfläche der Gletſcher nicht die einzige Urſache ihrer Abnahme; noch eine andere gibt es, die zwar weit weniger in ihren Reſultaten beſtimmbar, aber dennoch nicht minder wirkſam zur Erhaltung der Gletſcher in gewiſſen Gränzen iſt; ich meine die Verdunſtung. Wenn man auch keine Beobachtungen über das unmittelbare Verdampfen des Eiſes an ſeiner Oberfläche hätte, ſo müßte man ſchon aus dem einzigen Umſtande, den man ſehr häufig in der Gletſcherregion antrifft, darauf ſchließen, nämlich daß ſelbſt bei bedeutender Luftwärme das Eis oft ganz trocken bleibt und nicht ſchmilzt, ein offenbarer Beweis, daß es unmittelbar verdunſtet. An ſolchen Tagen hört man auf dem ganzen Gletſcher ein eigenes kniſterndes Geräuſch, faſt wie wenn man lockeren Schnee zertritt, und man ſieht eine Unzahl Luftblaſen überall ſich auf dem Eiſe entwickeln. Beſonders in den ſeichten Waſſerlöchern kann man dieſe Luftentwicklung ſehr deutlich beobachten. Ich muß bedauern in Ermangelung zweckmäßiger Apparate dieſe Luft nicht haben auffammeln und ihre Zuſammenſetzung beſtimmen zu können; es mag dies ein Gegenſtand künftiger Unterſuchungen ſein.

Um einige Data über den hygrometriſchen Zuſtand der Luft in jenen Hochregionen bieten zu können, habe ich 6 Tage hindurch das Haarhygrometer von Sauſſure nebſt dem Pſychrometer von Auguſt verglichen. Ich hatte die Inſtrumente in der Nähe meiner Hütte auf der

Gletſcherfläche ſelbſt aufgeſtellt und, durch das Wetter begünſtigt, bei ſehr verſchiedenen atmosphäriſchen Zuſtänden beobachten können. Die Reſultate ſind noch nicht berechnet und es iſt mir daher unmöglich, die ſpeciellen Data hier anzuführen; doch kann ich ſagen, daß die Trockenheit der Luft oft ungemein groß war, indem das Haarhygrometer ſehr häufig 50 und weniger Grade, auf dem Gipfel der Strahleck und dem Zäſenberg ſelbſt nur 40° bei wenig Graden über 0° Luftwärme zeigte, während die Thermometer des Pſychrometers oft um 3 und 4 Grade abwichen.

Uebrigens verſchmelzen das Aufthauen und Verdunſten in ihren Wirkungen auf die Verminderungen der Gletſchermaſſe mit einander und laſſen ſich nicht gehörig trennen; wie groß aber dieſe combinirten Wirkungen ſeien, das zeigen die in den vorigen, namentlich den über das Ausſehen, die Nadeln, die Moränen, die Tiſche und die Schuttkegel handelnden Kapiteln erwähnten Erſcheinungen.

Digitized by Google

Sechzehntes Kapitel.

Die Oscillationen der Gletſcher in den geſchichtlichen Zeiten.

Das Vor- und Rückſchreiten der Gletſcher bildet einen Gegenſtand des Tagsgeſpräches der Reiſenden in den Alpen und der Aelpler namentlich, da dieſe Erſcheinung ihre Intereſſen ſo nahe berührt; ja man findet in den meiſten Dörfern Traditionen und Urkunden über die Wechſelſtände der benachbarten Gletſcher, denen indeß kein unbedingtes Vertrauen zu ſchenken iſt, da ſie meiſt nicht ganz frei von Uebertreibung ſind. Oft auch ſchlichen ſich Fehler dadurch in die Wiſſenſchaft ein, daß diejenigen, welche ſolche geſchichtlichen Unterſuchungen veröffentlichten, die oft eigenthümliche Ausdrucksweiſe der Alpenbewohner nicht verſtanden und ihr einen falſchen Sinn unterſchoben. So glauben die Meiſten, welche vom Rückzug der Gletſcher hören, es ſei dies ein förmliches Rückſchreiten und Zuſammenziehen der Gletſchermaſſen in ſich ſelbſt, während alle Aelpler, welche ſich ſo ausdrücken, gar wohl wiſſen,

Digitized by Google

daß dieſer Rückzug nur ſcheinbar und in überwiegender Abſchmelzung und Verdunſtung des Gletſcherendes beſtehe. Dagegen herrſchen hinſichtlich des Vorrückens der Gletſcher meiſt falſche Anſichten unter den Aelplern, und da ſie faſt Alle die Meinung hegen, der Gletſcher rutſche auf ſeinem Boden, ſo erzählen ſie nicht ſelten die wunderbarſten Geſchichten über ihre Schnelligkeit und reden ſelbſt von Sprüngen, welche ſie beim Vorrücken machen ſollen. Auf meinen vielfältigen Alpenreiſen habe ich nie verſäumt dieſen und ähnlichen Wundergeſchichten wo möglich auf den Grund zu kommen, habe aber nie Jemanden getroffen, welcher Augenzeuge eines ſolchen Sprunges zum Beiſpiel geweſen wäre. Es war ſtets der Großvater, ein Vetter, oder ſonſt eine glaubwürdige Perſon, die es geſehen und ſeinen Freunden und Verwandten mitgetheilt hatte.

Schon ſeit langer Zeit haben die Oscillationen der Gletſcher das Augenmerk der Naturforſcher auf ſich gezogen, da ſie in genauer Verbindung mit einer Hauptfrage der allgemeinen Phyſik, der Erdwärme nämlich, ſtehen. Scheuchzer ſchon hatte unter dieſem Geſichtspunkte auf ſie aufmerkſam gemacht, bei Gelegenheit der Kapelle der heil. Petronilla in Grindelwald (ſ. Kap. 1).

Venetz war es indeſſen vorbehalten, durch ſeine berühmte Denkſchrift über die Variationen der Temperatur in den Schweizer-Alpen *), dieſe wichtige Frage ganz der

*) Denkſchriften der allgemeinen ſchweizeriſchen Geſellſchaft für die Naturwiſſenſchaften. Zürich 1833. Bd. I. Abth. 2.

Wiſſenſchaft anzueignen. Er beſchränkte ſich nicht nur auf die Ergründung der Bodenverhältniſſe, welche eine weit größere Ausdehnung der Gletſcher in früheren Epochen nachweiſen, wie die in mehr oder minder beträchtlichen Entfernungen von den heutigen Gletſchern anzutreffenden Moränen, ſondern er ſuchte und fand in den alten Kirchenbüchern und Pfarrregiſtern des Wallis auch die unwiderleglichſten Beweiſe für eine geringere Ausdehnung der Gletſcher in neueren Zeiten vor. Seine zahlreichen Streifzüge in den Walliſer-Alpen gaben ihm eine Menge der intereſſanteſten Beobachtungen über die Verhältniſſe der Gletſcher zu ihrem Boden und ihrer Umgebung an die Hand, und man kann ſagen, daß es ein Hauptverdienſt ſeines Aufſatzes ſei, auf dem Schauplatze dieſer mannichfaltigen Oscillationen der Gletſcher ſelbſt geſchrieben zu ſein. Mit ſeltener Sachverſtändniß hat er die Thatſachen ausgewählt, welche er dem Publikum vor legt, was um ſo ſchwerer iſt, da gar oft die Hand des Menſchen hinreicht, den Anblick einer ganzen Gegend zu ändern, ohne daß mächtige Veränderungen des Bodens oder der Atmosphäre, das Ihrige zu dieſer Umänderung beigetragen hätten.

Venetz theilt die von ihm beigebrachten Thatſachen in zwei Reihen, die einen, welche für eine Temperaturverminderung in den Schweizeralpen während hiſtoriſcher Zeit zu ſprechen ſcheinen, ſind meiſt alten Dokumenten oder direkter Beobachtung entnommen; die anderen, welche eine Temperaturerhöhung zu beweiſen ſcheinen, begreifen

die von den Gletſchern ſelbſt als Denkmale ihrer Anweſenheit in früherer Zeit errichteten Denkmale.

Folgendes ſind einige aus der erſten Reihe entlehnte Thatſachen:

In den Büchern der Gemeinde Bagnes hat der Kanonikus Rivaz einige alte Schriften gefunden, welche dieſer Gemeinde den freien Handel mit Piemont über die Chernontanaz und den Col de Ferrer zuſichern; — heut zu Tage iſt der Weg ſo beſchwerlich geworden, daß nur ſelten noch Maulthiere ihn betreten. Wahrſcheinlich brauchte man früher nicht den Gletſcher des Mont-Durand zu überſchreiten, was jetzt nöthig geworden iſt.

In denſelben Archiven hat Hr. Rivaz die Akten eines Prozeſſes gefunden, worin die Gemeinde Liddes das Eigenthumsrecht eines auf dem Gebiete der Gemeinde Bagnes liegenden Waldes anſprach, der heut zu Tage nicht mehr exiſtirt. Ein ungeheurer Gletſcher hat ihn bedeckt und alle Communikation auf dieſem Wege abgeſchnitten.

Früher führte ein ſehr beſuchter Paß von Zermatt in das Eringerthal. Im Jahre 1516 kaufte die Gemeinde Zermatt dem Kapitel zu Sitten einen Zins ab, welchen ſie bei ihrer jährlichen Prozeſſion dorthin durch das Eringer- und Zmutt-Thal zu entrichten hatte. Der Gebirgsſtock zwiſchen beiden Thälern iſt jetzt ſo mit Eis zugedeckt, daß kaum die kühnſten Gemsjäger ihn zu überklettern wagen.

Aus dem Lötſchthale in Wallis kann man nur noch zu Fuß ins Gaſteren-Thal gelangen; früher wurde der Weg mit Saumroſſen befahren.

Im Grubthäli hinter Gruben und Meiden im Turtmannthale findet man noch eine große Strecke gepflaſterten Weges, der durchs Auskumenthälchen nach St. Nikolas führte; jetzt paſſiren dort nur noch die Gemsjäger.

Auf beiden Seiten des Monte-Moro findet ſich ein Saumweg, welcher früher das Anzaska-Thal (Vallis Antuatium) mit Saas in Wallis in Verbindung ſetzte. Man trifft dort gepflaſterte Strecken von der Länge einer halben Wegſtunde an. Ein anderer Weg führte von Antrona nach Saas.

Nach einer handſchriftlichen Chronik des Saaſer-Thales *) waren ſchon im Jahr 1440 dieſe beiden Wege ſehr alt. Im Jahre 1515 begann ein Prozeß über deren Unterhaltungskoſten zwiſchen den Bewohnern von Saas und Antrona. Es wurde ein Schiedsrichter von Luzern ernannt; da aber damals gerade die Schweizer die italieniſchen Grenzen beſetzt hielten, um die Angriffe des Cardinals Schinner zurückzuſchlagen, ſo wurde die Verurtheilung der Einwohner von Antrona zu den Unterhaltungskoſten nicht exequirt. In der erſten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurde der Weg ſchwierig. Im 18., und zwar in den Jahren 1719, 1724 und 1729 wand man viel Mühe und Koſten auf, um den Paß von Antrona wieder für Salz und andere Waaren fahrbar zu machen, aber nie waren dieſe Reparationen von langer Dauer. Offenbar

*) Die Geſchichte des Thales Saas, aus etlich hundert Schriften zuſammengezogen, von Peter Joſeph Zurbrüggen, Beneficiat zu St. Antoni von Padua.

Digitized by Google

hätte man die Koſten dieſer Reparationen geſpart, wenn dort ein Gletſcher geweſen wäre, da man ſie dann ja im Voraus für unnütz halten mußte."

Venetz ſchließt aus dieſen und vielen andern Thatſachen, die er in ſeinem Aufſatze aufführt, daß die Päſſe der Hochalpen alle zu der nämlichen Zeit (vom 11. bis 15. Jahrhundert) offen geweſen ſeien, und als Beweis führt er die St. Petronillenglocke im Grindelwald an, welche im Jahr 1044 gegoſſen wurde. Nach Zurbrüggen fingen im 15. Jahrhundert die Päſſe an ſchwierig zu werden und im 16. Jahrhundert erſt konnten die Saumroſſe nicht mehr paſſiren.

Folgende Thatſache ſcheint Zurbrüggens Meinung zu beſtätigen. Als zur Reformationszeit Verfolgungen gegen die Proteſtanten in Oberwallis begannen, trugen dieſe, welche keinen Gottesdienſt zu Hauſe haben durften, ihre Kinder durch das Vieſcherthal nach Grindelwald, um ſie dort taufen zu laſſen. Als ich im Jahre 1839 den Aletſch- und Vieſchergletſcher beſuchte, fand ich nahe am Aletſch- oder Mörilerſee längs des Gletſchers ſehr kenntliche Spuren des alten Weges, welcher ohne Zweifel dem Kamme der Vieſcherhörner entlang lief (ſ. Taf. 12). An mehreren ſteilen Orten iſt der Weg gemauert; er verſchwindet hie und da unter dem Gletſcher, um ſpäter wieder aufzutauchen; ihn zu verfolgen iſt der ſteilen Gletſcherwand wegen unmöglich. Der Gletſcher iſt demnach hier offenbar angeſchwollen und der Weg dadurch ſo ſchwierig, ja ſogar gefährlich geworden, daß in unſerem Jahrhundert noch niemand ihn verſucht hat. Nur

Hugi hat das Eismeer in dieſer Richtung (von Lötſch nach Vieſch) durchzogen, und ſchildert dieſe Reiſe als die beſchwerlichſte die er je gemacht. *)

Die Erſcheinungen, auf welche die Annahme einer größeren früheren Ausdehnung der Gletſcher ſich ſtützt, ſind hauptſächlich die alten, mehr oder minder weit vom jetzigen Gletſcherende entfernten Moränen, und gewiß könnte Nichts ſo ſicher als dieſe beweiſen, daß die Gletſcher früher den Boden einnahmen, der ſie jetzt von ihnen trennt. Die Alpenthäler ſind von ſolchen alten Moränen angefüllt, deren Entfernung vom Gletſcher oft ſehr bedeutend iſt. Allein ſehr ſchwer iſt die Frage zu beantworten: Zu welcher Zeit ſind ſie abgeſetzt worden? Wahrſcheinlich ſind die dem Gletſcher zunächſt gelegenen noch in hiſtoriſchen Zeiten angehäuft worden, und alle Gletſcher, die während der letzten zwei Jahrhunderte ſich vergrößert hatten, müſſen ſolche Moränen bei ihrem Rückzuge hinterlaſſen haben, wie z. B. die neun Moränen des Rhonegletſchers, deren vordere 1408 Fuß vom Gletſcherende im J. 1826, nach Venetz's Meſſung entfernt war **); die Moränen des oberen Grindelwaldgletſchers, deſſen Schwankungen innerhalb zweier Jahrhunderte Gruner verzeichnet hat und die auch jetzt noch ſehr merklich ſind †);

*) Hugi, Alpenreiſe. S. 279.

**) Venetz l. c. p. 32.

†) „Nach mündlicher Ueberlieferung beſteht dieſe Gletſchermaſſe ſeit undenklichen Zeiten; allein die Thäler, welche ſie jetzt erfüllt, waren früher Weiden; und man hat ſichere Beweiſe, daß fruchtbares Land vom Eiſe überdeckt wurde.

die Moränen des Glacier des Bois, deren eine Tannen trägt, und die große Moräne des Prenvagletſchers, welche in neuſter Zeit größtentheils vom Gletſcher wieder überdeckt worden iſt. Nach Venetz begann der Prenvagletſcher

Auf der Seite der Vieſcherhörner und des Eigers, mitten im Eis, ſteht man einige Lerchenſtämme, die ſeit mehreren Jahrhunderten vielleicht dort ſtehen; man weiß, daß dieſes Holz in der Feuchtigkeit erhärtet, und die, welche zu dieſen Stämmen hinangeſtiegen, verſichern, daß man auch mit dem ſchärfſten Meſſer kein Stück davon abſchneiden könne. — Dieſe Bäume ſcheinen demnach ſeit langer Zeit im Eis zu ſtecken. — Die Archive des Landes berichten, daß im Jahre 1530 die außerordentliche Sonnenhitze das Eis ſo gänzlich ſchmolz, daß im Herbſte die Felſen der Berge nackt waren; allein wenig Jahre genügten, die Eisdecke wieder herzuſtellen. Von da an bis zum Jahre 1660 berichtet man nichts von den Veränderungen des Gletſchers, aber von dieſem Jahre an nahm er ab bis 1686, und wahrſcheinlich waren ſeine Veränderungen bis zum Ende des Jahrhunderts nicht ſehr bedeutend. Im nächſtfolgenden, beſonders im Jahre 1707, nahm er ſtark zu, und bedeckte einen Theil der Alpen der Pfarrei, welche in den Regiſtern eingeſchrieben, aber jetzt von Eis bedeckt ſind. Bis 1720 nahm er nach und nach zu und von da an wechſelte Zunahme und Rückſchritt. Im Jahre 1750 war er ſehr klein und die Bewohner ſagen, ſeit undenklichen Zeiten habe er nicht ſo bedeutend abgenommen. — Die jährliche Ab- und Zunahme ſind deßhalb ſehr ungleich und befolgen nicht einen regelmäßigen Cyclus von 7 Jahren, wie die Aelpler und ſelbſt viele Gelehrte glauben.“ Gruner, histoire naturelle des glacières de le Suisse. Traduit par Mr. de Kéralio, p. 330.

im Jahre 1820 ſich zurückzuziehen, nachdem er vorher eine Kapelle und einige Bäume umgeworfen hatte, deren Jahresringe für den einen 200, für den andern 220 Jahre ergaben, ein Beweis, daß ſeit mehr als 2 Jahrhunderten der Gletſcher keine ſolche Ausdehnung erreicht hatte.

Können aber für die in größerer oder geringerer Entfernung vom Gletſcher ſich vorfindenden Moränen, über welche wir keine geſchichtlichen Nachweiſungen haben, ähnliche Verhältniſſe angenommen werden? Man muß zugeſtehen, daß hier keine ſcharfe Grenze zwiſchen der geſchichtlichen Zeit und früheren geologiſchen Epochen gezogen werden kann, und ich glaube ſelbſt, daß man ſchwerlich je dazu gelangen werde, eine ſolche zu ziehen, da die Entfernung ſelbſt nie als ein entſcheidender Beweis für oder gegen das Alter einer Moräne angenommen werden kann. Noch heute ja gibt es viele Gletſcher, welche in ſehr bedeutenden Grenzen hin- und herſchwanken, und beſtändig ihre Moränen verſetzen. Es gehören daher noch andere Verhältniſſe dazu, um die Schlüſſe, welche man aus der wahren Entfernung einer Moräne vom jetzigen Gletſcherende abnehmen könnte, zu begründen und eine beiläufige Beſtimmung ihres Alters zuzulaſſen. Deßhalb ſcheinen mir alle von Venetz angeführten Thatſachen nicht gleich überzeugend. Bedenkt man aber, daß im Mittelalter die Gletſcher im Allgemeinen eine weit geringere Ausdehnung hatten, und erſt im 17. Jahrhundert die hohen Alpenpäſſe unzugänglich zu machen anfingen, ſo wird man die Bildung vieler Moränen in weiter Entfernung von den jetzigen Gletſcherenden in eine Epoche ſetzen müſſen, welche

den mythiſchen Zeiten angehört, wenn man ſie nicht ſelbſt in eine geologiſche Epoche, die der Erſchaffung des Menſchen voranging, ſetzen will; denn da ſie eine ungemein große Ausdehnung der Gletſcher vorausſetzen, ſo würde man geſchichtliche Dokumente hierüber beſitzen, wenn eine ſolche Ausdehnung ſeit dem 17. Jahrhundert vorhanden geweſen wäre.

In der neueſten Zeit waren die Schwankungen der Gletſcher ſehr merklich. Venetz berichtet, im Jahre 1811 hätten ſich die Gletſcher bedeutend zurückgezogen, in den kalten Jahren 1815, 1816 und 1817 ſei aber ſo viel Schnee auf den Hochkuppen gefallen, daß ſie wieder bedeutend vorgerückt ſeien; er habe den Diſtelgletſcher im Saasthale am Monte-Moro mehr als 50 Fuß in einem Jahre vorrücken ſehen, und Zumſtein *) ſah etwa zur nämlichen Zeit den Lysgletſcher im Leſathale 150 Toiſen in 6 Jahren vorrücken.

Gerade jetzt ſind alle Gletſcher, welche ich beobachtet habe, namentlich die des Berner-Oberlandes, bedeutend im Vorrücken begriffen. Der Unteraargletſcher iſt ſeit 1811 etwa um eine Viertelſtunde länger geworden; denn damals endete er nach S. Leuthold's Verſicherung an der berühmten Kryſtallhöhle des Zinkenſtocks. Die Grindelwaldgletſcher wachſen bedeutend, der Roſenlauigletſcher ebenfalls, und der Zermattgletſcher nimmt linker Seits zu, während er auf der rechten Seite ſtehen geblieben iſt. **)

*) v. Welden, der Monte-Roſa. S. 117.

**) Bei meinem diesjährigen Beſuche dieſer Gletſcher war ich

Ueberblickt man alle angeführten Thatſachen, ſo muß man wohl eine gewiſſe Periodicität in dieſen Schwankungen der Gletſcher anerkennen; zu weit würde man aber gehen, wollte man, wie viele Schriftſteller auf Treu und Glauben der Aelpler gethan haben, annehmen, die Perioden ſeien regelmäßig, und die Gletſcher nehmen während einer beſtimmten Jahresreihe zu, und darauf durch eben ſo viel Jahre wieder ab; keine einzige poſitive Thatſache ſpricht für eine ſolche Annahme.

Merkwürdig iſt es, daß einige Gletſcher abnehmen, während andere in ihrer Nähe wachſen, wie denn in dieſem Jahre, während der Unteraargletſcher vorrückt, der Oberaargletſcher ſich bedeutend zurückzieht. Venetz hat eine geiſtreiche Erklärung dieſer ſcheinbaren Anomalie gegeben, und ſie von der Bodenneigung der Gletſcher abhängig zu machen verſucht. Er ſagt: „Natürlicher Weiſe müſſen Gletſcher, welche mit großer Schnelligkeit in ein wärmeres Klima hinabſteigen, ſich ſchneller ihres Uebermaßes von Eis entleeren, als ſolche, welche nur langſam zu Thal rücken. Die letzteren werden daher, da ihre Maſſe ſich nicht ſo ſchnell vermindert, noch vorrücken, wenn ſchon die erſteren unter dem Einfluſſe mehrerer war-

über ihre Zunahme erſtaunt. Der Unteraargletſcher iſt ſeit vorigem Jahre mehr als 50 Fuß in das Thal vorgeſchritten, und ſeine Oberfläche am Abſchwung 12—15 F. am Felſen hinaufgerückt; der obere Grindelwaldgletſcher hat um mehr als 100 Fuß auf ſeiner rechten Seite zugenommen; der Gauligletſcher iſt ebenfalls vorgerückt und ebenſo auch, wie es ſcheint, die Gletſcher des Wallis.

men Jahre ſich zurückgezogen haben, und da alle Gletſcher auf verſchieden geneigten Thalbetten ruhen, ſo müſſen ſie auch auf verſchiedene Weiſe vor- und rückwärts gehen."

Die Schwankungen der Gletſcher ſind das Reſultat zweier ſtreitender Kräfte; der ſteten Vorwärtsbewegung dieſer Eismaſſen einerſeits, und der Zerſetzung durch die atmosphäriſchen Einflüſſe andrerſeits, und da der Sommer die Zeit des Schaffens, der Winter die der Ruhe iſt, ſo hängt das Reſultat dieſes Streites hauptſächlich von der jährlichen Temperatur der warmen Jahreszeit ab, und die Meſſungen ihrer Vermehrung ſind daher nicht ſowohl der wahre Ausdruck für den Raum, den ihre Maſſen in einer gegebenen Zeit zurückgelegt haben, als vielmehr das Maß des Uebergewichts der den Gletſcher bauenden Naturkräfte über die zerſtörenden.

Die angeführten Thatſachen über die Gletſcher-Oscillationen ſind von der höchſten Wichtigkeit für die allgemeine Phyſik unſerer Erde, und namentlich für die Unterſuchungen über den Wärmezuſtand unſeres Planeten ſeit ſeiner Bildung bis auf unſere Zeit, und, was auch die Reſultate anderweitiger, auf ſonſtige Verhältniſſe geſtützter Forſchungen ſein mögen, den Gletſchern muß ſtets Rechnung getragen und eine bedeutende Beweiskraft in dieſer Frage zugeſtanden werden.

Venetz ſchloß aus ſeinen Beobachtungen und den geſchichtlichen Nachweiſungen auf bedeutende Temperaturſchwankungen, erklärte ſich aber nicht, ob er dieſe Schwankungen für allgemein oder für lokal halte. Schon oben bei

der Gletſcherbildung haben wir geſehen, wie ſehr man ſich hüten müſſe, gewiſſe Erſcheinungen Veränderungen in der mittleren Temperatur eines Orts zuzuſchreiben, welche recht gut durch lokale, während einer Reihe von Jahren ſich wiederholende Einflüſſe erklärt werden können. Wollte man aus den Gletſcherſchwankungen auf bedeutende Veränderungen des Temperaturzuſtandes unſerer Erde innerhalb der geſchichtlichen Zeiten ſchließen, ſo hieße dies dem entgegen treten, was Arago aus ſeinen ſchönen Forſchungen über die Erdwärme *) ſchloß, nämlich, daß die mittlere Temperatur des Erdkörpers keine merkbare Veränderung während den geſchichtlichen Zeiten erlitten hat.

Wir müſſen daher die häufigen, aber in ziemlich engen Grenzen ſtattfindenden Veränderungen der Gletſcher lokalen Verhältniſſen zuſchreiben.

Wenn aber der allgemeine Temperaturzuſtand der Erde keine Veränderung erlitten hat, ſo müſſen wir doch zugeſtehen, daß ſehr bedeutende lokale Schwankungen der Temperatur zu wiederholten Malen an gewiſſen Orten ſich eingeſtellt haben, und auch andere, nicht von den Gletſchern abhängige Erſcheinungen beweiſen das Vorhandengeweſenſein ſolcher Schwankungen, wie die Entholzung des Nordens von Amerika und mehrerer Gegenden in Frankreich, welche Arago in ſeiner oben angeführten Denkſchrift ſchon erwähnt hat. Die Ausdehnung der Gletſcher hat noch bedeutendere Veränderungen in anderen Gegenden veranlaßt. Die Vereiſung von Grönland im

*) Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1834.

15. Jahrhundert iſt zu ſicher conſtatirt, um an ihr zweifeln zu können, und es müſſen daher, trotz der gleichmäßigen Erhaltung unſerer Erdwärme im Allgemeinen, lokale Verhältniſſe die Temperatur einzelner Gegenden bedeutend verändert haben, und daß auch nur lokale und nicht allgemeine Veränderungen des Wärmezuſtandes unſerer Erde die Oscillationen der Gletſcher hervorgebracht haben und noch hervorbringen, das wird durch den einfachen Umſtand ſchon bewieſen, daß gerade zu der Zeit, wo die mittlere Temperatur Grönlands ſo bedeutend ſank und ſeine Küſten ſich vereisten, nämlich im 15. Jahrhundert, alle hohen Alpenpäſſe offen und die Gletſcher auf ihre geringſte Ausdehnung reducirt waren, während ſie erſt, wie oben angeführt, die Päſſe im 17. Jahrhundert ſchwierig und im 18. faſt gänzlich ungangbar machten.

So beweiſen denn die Oscillationen der Gletſcher innerhalb der geſchichtlichen Zeiten nur den Einfluß lokaler Temperaturveränderungen. Ob auch für frühere geologiſche Epochen und für die Ausdehnung der Gletſcher in vorgeſchichtlichen Perioden ſolche lokale Veränderungen als hinreichend angeſehen werden können, iſt eine andere Frage, deren Löſung wir in einem folgenden Kapitel verſuchen werden.

Digitized by Google

Siebzehntes Kapitel.

Die frühere Ausdehnung der Gletſcher in den Alpen.

Die Erſcheinungen, welche eine ungeheure Ausdehnung der Gletſcher in vorgeſchichtlichen Zeiten beweiſen, eine Ausdehnung, welche alle Grenzen der Mythen und Sagen ſelbſt überſteigt, ſind ungemein zahlreich und mehr oder weniger in allen alpiniſchen Thälern anzutreffen, und ihr Studium wird ſelbſt leicht, wenn man einmal daran gewöhnt iſt, ſie zu finden und ihre oft nur ſehr ſchwachen Spuren zu berückſichtigen. Daß man ſo lange Zeit ſie nicht beachtete und namentlich nicht mit den Gletſchern in Beziehung brachte, mag wohl darin liegen, daß ſie meiſt nur vereinzelt, mehr oder weniger entfernt von der Quelle ihres Urſprunges dem Beobachter vor die Augen treten. Des Naturforſchers Aufgabe, ſcheinbar für ſich beſtehende iſolirte Thatſachen zu einem großen Ganzen zu vereinigen, iſt daher hier mehr als irgendwo zu berückſichtigen. Oft ſchon habe ich bei mir dieſe ſchwachen Spuren, die letzten Reſte der mächtigen Einwirkung

welcher unſer Erdkörper in einer gewiſſen Periode ſeines Daſeins ausgeſetzt war, mit den kaum ſichtbaren Zeichnungen eines lithographiſchen Steines, welchen man zum Aufheben zubereitet hat, verglichen; nur wer die Sache kennt, verſteht ihre Bedeutung zu entziffern und ihren Werth zu ſchützen.

Verſchiedene Erſcheinungen ſind es, welche auf dieſe alte Ausdehnung der Gletſcher ſchließen laſſen, indem ſie ihre Erzeuger überdauerten, und unvergänglicher als das Eis, noch heute Zeugniß von ſeiner früheren Gegenwart ablegen an Orten wo es längſt verſchwunden. Es ſind dies:

1. Die alten Moränen. Durch Anordnung, Form und Zuſammenſetzung ſtets erkennbar, auch wenn ſie nicht mehr die Seiten eines Gletſchers umſchließen oder ſein Ende umgürten, ſind ſie eines der Hauptkennzeichen. Sie ſind im 8. Kapitel hinlänglich beſchrieben, als daß ich hier noch einmal auf die Art ihrer äußeren Erſcheinung eingehen zu müſſen glaubte; ich bemerke nur, daß einzig die Seiten- und Endmoränen die Grenzen eines Gletſchers mit Gewißheit erkennen laſſen, da ſie leicht von den Trümmerhaufen und Geſchiebsmaſſen der Alpenbäche unterſchieden werden können. Die Seitenmoränen, den Thalwänden entlang gereiht, liegen meiſt außer dem Bereiche der Bäche im Thalgrund, werden aber meiſt von den Gewäſſern durchſchnitten, welche von der Höhe herab ſich über die Bergwände in das Thal ſtürzen, was oft ihre Erkennung äußerſt ſchwierig macht.

2. Die aufgepflanzten Blöcke. Oefter ſtehen aus den Maſſen der Gletſcher einzelne Felsſpitzen hervor,

von allen Seiten von Eis umgeben, welches rund um ſie her durch die Reflexion der Wärmeſtrahlen trichterförmig abſchmilzt, ganz wie die den Thalwänden zugekehrten Gletſcherſeiten. Die Blöcke der Moränen, welche in dieſe trichterförmige Höhlung fallen, pflanzen ſich auf dem Felſen auf und bleiben, wenn der Gletſcher ſich zurückzieht, oft in ſolchen Verhältniſſen des Gleichgewichts darauf ſtehen, daß man unmöglich einen Waſſerſtrom als Urſache ihres Transportes annehmen könnte, wenn man auch nicht in vielen Gletſchern täglich die Beobachtung des Herganges machte. Wenn ſolche Felsſpitzen über den Gletſcher hervorragen, wie auf Taf. 4 eine abgebildet iſt, oder wenn ſelbſt beträchtlichere Felsinſeln aus ſeiner Maſſe auftauchen, wie das Gärtchen im Eismeere über dem Montanvert *), ſo bedecken ſich ihre Seiten überall mit Moränenblöcken, welche wie ein Kranz um ihren Gipfel gelagert bleiben, ſobald der Gletſcher ſich zurückzieht. Waſſerſtröme können nichts Aehnliches hervorbringen, im Gegentheile, wenn ihr Lauf ſich gegen einen vorſtehenden Felſen bricht, ſo werden die Gerölle um dieſen Felſen, da der Strom hier ſeine Kraft durch den Widerſtand verdoppelt, herum geführt, und bilden hinter dem brechenden Felſen einen langen, linearen Zug aufgeſchwemmten Geſchiebes; nie aber ſetzt der Strom ſeine Gerölle an den

*) Sauſſure gab dieſen Namen einem bedeutenden Felſen, welcher durch das Grün der Alpenpflanzen, die er trägt, auf das Angenehmſte gegen die ſtarre Natur des Eismeeres und der Felſen in ſeiner Umgebung abſticht.

Seiten des brechenden Körpers oder gar an ſeiner Stirn ab und noch weniger pflanzt er ſie ſo auf, daß die geringſte Störung des Gleichgewichts den Block umſtürzen würde.

3. Die Felsſchliffe mit ihren Streifen, wie ſie im 14. Kapitel beſchrieben wurden. Auch ſie ſind unumſtößliche Beweiſe für die Gegenwart der Gletſcher, da weder Waſſerſtröme noch Seewogen Wirkungen hervorbringen können, welche mit der Gletſcherreibung Aehnlichkeit haben. Die Richtung der Streifen im Allgemeinen deutet die Bewegungslinie der Gletſcher an, während die mehr oder weniger ſich kreuzenden Streifen, wie oben ſchon auseinandergeſetzt wurde, das Reſultat lokaler Abweichungen von der allgemeinen Gletſcherrichtung ſind.

4. Die Karrenfelder, in dem franzöſiſchen Theile des Wallis unter dem Namen **lapiaz** oder **lapiz** bekannt. Oft iſt es nicht ganz leicht ſie von den Auswaſchungen der Bergbäche zu unterſcheiden, da ſie wie jene, durch Einwirkung des Waſſers entſtanden, nicht durch äußeren Charakter, ſondern nur durch ihre Lage von ihnen abweichen. Die Auswaſchungen nämlich finden ſich ſtets in den Thaltiefen, nie aber über breite geneigte Flächen ausgedehnt, die Karren hingegen meiſt an den hohen Felswänden der Thäler, auf vorſpringenden Kuppen und an Orten, wo bloße Waſſerſtröme unmöglich ſolche Wirkungen hätten hervorbringen können.

5. Die Waſſerlöcher, welche von den zwiſchen den Eiswänden des Gletſchers eingeſchloſſenen Waſſerfällen zuweilen im Boden ausgehöhlt werden, und ſich, neben

den Karren, an Stellen finden, wo unmöglich ein einfacher Waſſerfall von den Felswänden herab hätte hingelangen können.

Beſchreiben wir etwas genauer dieſe verſchiedenen Erſcheinungen, welche den alten Gletſchern eine ſo bedeutende Ausdehnung zumeſſen.

Die alten, in großer Entfernung von den heutigen Gletſchern befindlichen Moränen ſind nirgends deutlicher und häufiger als im Wallis, wo Venetz und Charpentier ſie zuerſt erwähnten. Da aber dieſe beiden vortrefflichen Beobachter ihre Unterſuchungen hierüber noch nicht veröffentlicht haben, da namentlich ſie es ſind, welche ſie mich kennen und unterſcheiden gelehrt haben, ſo würde ich es für eine Aneignung fremden Verdienſtes halten, wollte ich die Walliſer Moränen ſpeciell beſchreiben. Je weiter entfernt von den jetzigen Gletſchern, deſto weniger beſtimmt und erkennbar ſind dieſe alten Moränen, da die mehrfach ſie durchſchneidenden Gewäſſer ihren Zuſammenhang geſtört haben, während die in der Nähe der Gletſcher noch in ihrer Continuität erhalten ſind. Eben ſo ziehen ſie ſich auch um ſo höher an den Thalwänden hin, je weiter ſie von den Gletſchern entfernt ſind; aus dem ſehr einfachen Grunde, weil der Gletſcher, bei ſo großer Längenausdehnung, auch eine verhältnißmäßige Maſſe beſaß und ſeine Ränder weiter an den Thalwänden hinaufreichten. Dieſe gürtelförmigen Endwälle zeigen eben ſo viele Haltpunkte an, wo der Gletſcher bei ſeinem Rückzuge einige Zeit ſtationär blieb; Haltpunkte, welche er ſpäter nicht wieder erreichte. Es iſt dieſes in ſo fern

wichtig, als es nicht allein beweiſt, daß die Gletſcher ſich von einer früheren, ungeheuren Ausdehnung zurückgezogen haben, ſondern auch, daß dieſer Rückzug nicht plötzlich wie mit einem Schlage, ſondern ganz auf dieſelbe Weiſe wie es noch jetzt geſchieht, langſam und allmählich mit vielen Schwankungen und öfteren Haltpunkten, die ſich durch ihre Reſte noch heute erkennen laſſen, vor ſich gegangen iſt.

In den meiſten Thälern der Hochalpen, wo Gletſcher ſich noch jetzt finden, und in vielen, wo ſie heut zu Tage gänzlich verſchwunden ſind, finden ſich ſolche alte Endmoränen, namentlich in allen Seitenthälern des Wallis z. B. im Saas-, St. Nikolas-, Turtmann-, Eringer-, Bagne-, Einfiſch-, Entremont-, Trient-, Ferrex-, Lötſchthale, im Val d'Illier u. ſ. w.

Einige von den hauptſächlichſten welche Venetz *) in ſeiner oben angeführten Denkſchrift veröffentlicht, ſind folgende:

1. Die Sennhütten von Giéta im Mont-Joiethale in Savoyen, ſtehen zwiſchen drei alten Moränen, welche der Trelatète-Gletſcher, der im Jahre 1821 etwa 7000 Fuß davon entfernt war, dort zurückgelaſſen hat.

2. Der Gletſcher von Salénaz im Ferrexthale im Wallis hat zu ſeiner Rechten eine ungeheure Moräne zurückgelaſſen, die, nach ungefährer Schätzung, etwa 8000 Fuß von ſeinem Ende entfernt iſt. Das Dorf Plans des Fours, von ſchönen Weiden und Wäldern, die zum

*) Venetz l. c. S. 16.

Theil auf der Moräne wachſen, umgeben, ſteht auf dem alten Gletſchergrund.

3. Der Roßbodengletſcher auf dem Simplon hat mehrere alte Moränen, welche beweiſen, daß der Gletſcher früher da, wo jetzt der Walibach die Straße durchſchneidet, mehr als 200 Fuß Dicke hatte. Das Dörfchen An-der-Eggen iſt auf einer dieſer Moränen erbaut, und die letzte derſelben etwa 7000 Fuß vom Gletſcher entfernt (ſ. die Taf. bei S. 26 von Venetz).

4. Der Sirwoltengletſcher hat auf ſeiner linken Seite, unter dem alten Simplonhoſpize, drei Moränen zurückgelaſſen, welche jetzt eine gute Stunde vom Gletſcher entfernt ſind.

5. Zwiſchen der Sennhütte Lorenze am Rawylerweg, Gemeinde Ayent, und der erſten Scheuer von Rawyl, findet ſich eine große, mit hohen Lerchenbäumen bewachſene Moräne, eine gute Wegſtunde vom Gletſcher entfernt.

6. Der Offeragletſcher im Hermencethale hat große Moränen zurückgelaſſen; von der weiteſten hat man eine halbe Stunde zum Gletſcher.

7. Links vom Combalygletſcher, über den Sennhütten der Alèva-Alp im Hermencethale, ſieht man 2000 Fuß unter dem jetzigen Gletſcher alte Moränen.

8. Die Dörfer Ried, Bodmen und Halten im Ober-Wallis, ſind auf einer alten Moräne des Vieſchergletſchers erbaut, der jetzt mehr als 12000 Fuß davon entfernt iſt.

Den hier angeführten, von Venetz geſammelten Thatſachen, kann ich mehrere, nicht minder beweiſende,

Digitized by Google

zufügen, wie z. B. die Moränen, welche man bei Im Boden im Oberhasli, mehrere Stunden von den nächſten Gletſchern entfernt, findet; die große Moräne von Kanderſteg, dem Wirthshauſe gegenüber, mehr als eine Stunde vom Oeſchinengletſcher entfernt. In Form eines ungeheuren Halbmondes lehnt ſie ſich an den Firſt an; von ihrem doppelten mittleren Kamme gehen mehrere concentriſche Flügel aus, und ihr ſteiler Abſturz, von welchem beſtändig Sand und Schlammbäche abſtrömen, iſt heute gegen Kanderſteg. Aus dem Vorhandenſein dieſer Moräne ſchließen wir, daß zu einer gewiſſen Zeit die ganze obere Hälfte des Thales bis zur Herberge hinab übergletſchert, und der jetzige Gemmipaß von Eis überdeckt war. Ebenſo findet ſich eine große doppelte Endmoräne der Altels gegenüber, welche über dem Rinderhorn mit einer ungeheuren Felslawine dieſes Berges verſchmilzt. Die Moräne bei der Kapelle von Tines, eine halbe Stunde vom Glacier des Bois, war ſchon Sauſſuren als eine ungewöhnliche Erſcheinung aufgefallen.

Die Spuren der Seitenmoränen ſind weniger häufig, unbeſtimmter und ſchwerer zu verfolgen, da ſie, in Folge der damals ungeheuren Mächtigkeit der Gletſcher, meiſt ſo hoch an den ſteilen Thalwänden ſich hinziehen, daß ſie ſchwer erreichbar und namentlich der Beſchaffenheit der Felswände wegen, nicht ihrer Länge nach verfolgbar ſind. Oft auch ſind die Thalfelſen ſo ſteil, daß nur hier und da ein einzelner Block an einem geeigneten Orte liegen bleiben konnte, während der übrige Theil der Moräne mit dem Einſinken des Gletſchers dieſem noth-

wendig nachrutſchen mußte. Doch findet man mehrere ſehr deutliche Parallelreihen, eine über der andern, an den Seiten des unteren Rhonethales zwiſchen Martinach und dem Genferſee, die ſich bis 1000 und 1500 Fuß über den Rhoneſtand erheben, und namentlich zwiſchen St. Maurice und der Piſſevache bei dem Weiler **Chaux-fleurie** leicht erreichbar ſind. Ueber den Bädern von Lavey, ſo wie über dem Dorfe Monthey am Eingange des Val d'Illier ſind ſie ebenfalls ſehr deutlich. An allen dieſen Orten aber haben die Thalwände entweder teraſſenförmige Erhebungen oder eine nur ſehr ſanfte Neigung, worauf die Moränen haften konnten.

Die aufgepflanzten Blöcke erregen oft durch ihre kühne Stellung das Staunen des vorübergehenden Wanderers. Und in der That, wer ſolche Felsſtücke oft auf den ſchmalſten Seiten ihres Umfanges, auf einer Spitze ſtehen ſieht, in einer Stellung daß man glaubt mit geringer Anſtrengung die ganze Maſſe umwerfen und von der Höhe hinabrollen zu können, dem drängt ſich unwillkürlich die Frage auf: welche Kraft mag wohl dieſe Trümmer hierhergebracht und gerade in ſolchen kühnen Verhältniſſen aufgepflanzt haben? Beim erſten Anblicke ſieht man, daß nicht ein wildes Fortreißen und Strudeln, ſondern eine ruhige, gleichmäßig abgewogene Kraft zur Hervorbringung ſolcher Wirkungen gehören mußte, und nur wenn man dieſelbe Erſcheinung täglich an unſeren Gletſchern ſich wiederholen ſieht, nur wenn man an kaum vom Gletſcher verlaſſenen Orten ſolche Blöcke in den auffallendſten Stellungen, die zuweilen der Lehre

vom Gleichgewichte zu ſpotten ſcheinen, beobachtet hat, erſt dann erkennt man aus ihren Wirkungen dieſelbe Urſache, welche bis an die entfernteſten Grenzen der Alpenthäler ſolche Zeugen ihrer Kraft geſetzt hat. Die ſchönſten Beiſpiele ſolcher aufgepflanzten Blöcke finden ſich im Norden der Piſſevache über Chaux-fleurie; über den Bädern von Lavey und bei dem Dorfe Morcles; im St. Nikolaus Thale im Oberwallis und an dem Kirchet im Hasli, wo ſie einen Kranz um den Gipfel dieſes Felſen bilden, der, wie es ſcheint, früher über die Eismaſſen inſelartig hervorragte. Der Gipfel von St. Triphon zeigt einen ähnlichen Felſenkranz. Das ſo merkwürdige Phänomen der aufgepflanzten Blöcke, konnte dem beobachtenden Auge Sauſſure's nicht entgehen. Er erwähnt mehrere Beiſpiele davon auf dem Salève, und beſchreibt ihre Lage folgendermaßen: „Man ſieht auf dem Abhang einer geneigten Wieſe zwei ſolche große Granitblöcke, welche beide zwei bis drei Fuß über der Oberfläche des Graſes erhaben ſind. Sie ruhen auf einer Kalkbaſe, welche mit den horizontalen Bänken des Bergs zuſammenhängt, aber auf drei Seiten ſenkrecht abgeſtutzt iſt, ſo daß ihre Fläche nicht größer iſt als der Granitblock ſelbſt, den ſie trägt. *) Da aber der ganze Berg aus demſelben Kalkſtein beſteht, ſo meint Sauſſure es wäre thöricht, wollte man annehmen, der Boden habe ſich nur unter den Blöcken erhoben, und da er die Art nicht kannte, wie dieſe Blöcke heut zu Tage durch die Gletſcher in ähn-

*) Saussure, Voyages. Bd. 1. S. 141, § 227.

licher Stellung abgeſetzt werden, ſo verſuchte er eine andere Auslegung. Er nimmt an, der Fels ſei rund um den Block durch die Einwirkung der Gewäſſer und der Luft abgenagt worden, während der durch den Block geſchützte Theil von dieſer zerſtörenden Einwirkung verſchont geblieben ſei. So ſinnreich auch dieſe Erklärung erſcheinen mag, ſo kann ſie doch nicht mehr zugelaſſen werden, ſeitdem wir durch die ſchönen Unterſuchungen Elie de Beaumonts wiſſen, daß die Atmosphäre bei weitem keinen ſolchen zuſtrömenden Einfluß auf die feſtanſtehenden Geſteine auszuüben vermag. Sauſſure thut außerdem eines auf dem Paſſe von Tête noire gelegenen Blockes Erwähnung, „der ſo groß iſt, daß man verſucht iſt zu glauben, er liege an der Stätte ſeiner Entſtehung; er heißt Barme-rousse, weil er, unterhalb ausgehöhlt, mehr als 30 Menſchen zum Zufluchtsort dienen könnte.“ *)

Die Felſenſchliffe erſtrecken ſich meiſt bis in die unteren Theile der Alpenthäler hinab, weit von allen Gletſchern entfernt, und die Seiten der Thäler ſind meiſt bis in Höhen hinauf geſchliffen, welche die Gletſcher ſeit Menſchengedenken nicht erreichten. Wenn über die Urſache, welche dieſen Felſenſchliffen zu Grunde liegt, kein Zweifel mehr walten kann, wenn bewieſen iſt, daß die unter den Gletſchern vorkommenden Felsſchliffe wirklich dem Eiſe zugeſchrieben werden müſſen, ſo muß auch der Satz volle Gültigkeit haben: daß überall, wo polirte Felſen vorkommen, einmal Gletſcher müſſen exiſtirt haben.

*) Saussure, Voyages. Bd. II. S. 92. §. 708.

Digitized by Google

Meiſtens erſtrecken ſich die Grenzen der Felsſchliffe nicht weiter, als die der alten Moränen, begreiflich, da beide Erſcheinungen in ſo engem Zuſammenhange ſtehen.

Die ſchönſten alten Felsſchliffe der Alpen ſind die, welche der Riffel, über dem Zermattgletſcher im St. Nikolaus Thale gelegen, auf ſeiner ganzen Oberfläche trägt. Ihre Politur iſt ſo vollkommen, und derjenigen der Felſen, auf welchen der Gletſcher ruht, ſo durchaus ähnlich, daß mein Freund Studer, welcher mich begleitete, ſelbſt die Richtigkeit der Thatſachen anerkennen mußte, welche er ſo lange beſtritten hatte. Ich muß geſtehen, ich bin ſtolz geworden, daß mir die Bekehrung eines Mannes gelungen, deſſen Namen allein gewiß in den Augen Vieler eine mächtigere Stütze unſerer Anſichten iſt, als die ſprechenden Thatſachen, welche man ihnen vorgelegt. Studer hat mit der Freimüthigkeit eines ächten Gelehrten, dem es mehr um die Wahrheit, als um die eigenſinnige Behauptung begangener Irrthümer zu thun iſt, ſelbſt ſeine früheren Anſichten zurück genommen, und jene Felsſchliffe in einem Briefe an die geologiſche Geſellſchaft von Frankreich beſchrieben. *) Deſor hat dieſelben Schliffflächen in dem Tagebuche unſerer Reiſe in die Gletſcher des Monte-Roſa und des Matterhorns **) geſchildert, und ich brauche deßhalb meine Leſer, welche ſich für das Speciellere derſelben intereſſiren, nur auf jene Darſtellungen zu verweiſen.

---

*) Bulletin de la soc. géolog. de la France. Février 1840.

**) Bibliothèque universelle de Genève. No. 53. Mai 1840.

An den Seiten und unterhalb des Rhonegletſchers ſieht man ebenfalls Felsſchliffe, welche beſonders in einiger Entfernung vom Gletſcher, oberhalb Oberwald, wo Guyot ſie zuerſt bemerkte, ſehr deutlich ſind, und weiter unten im Thale, bis gegen Viesch hin, findet man ſie überall wieder, wo die Felsart ſie bewahren konnte; im Vieſchthale ſelbſt ſind ſie äußerſt charakteriſtiſch (ſ. Taf. 9). In den Umgebungen der Stadt Leuk findet man ebenfalls Spuren polirter Felſen, welche ohne Zweifel von der ehemaligen größeren Ausdehnung der Lötſchgletſcher herrühren. Weiter unten bemerkt man ſie bei Martinach; aber die ſchönſten des ganzen Rhonethales finden ſich nahe bei dem Waſſerfalle Piſſevache über dem Dorf Evionaz und bei Morcles, wo die Granitfelſen ganz jene Geſtalten von Rundhöckern haben, welche oben beſchrieben wurden.

Im Oberhasli ſind die Felsſchliffe außerordentlich deutlich; über und unter dem Unteraargletſcher, wie auf ſeinen Seiten beginnen ſie, ſetzen ſich nach der Grimſel und durch das ganze Thal hinab bis nach Meyringen hin fort, und bekleiden nicht blos die Sohle, ſondern auch die Wände des Thales bis zu einer ſehr beträchtlichen Höhe. Am Abhange des Sidelhorns habe ich ihre höchſte Grenze in einer Höhe von circa 8000 Fuß d. h. etwa 2500 Fuß über dem Thalboden gefunden; am Abſchwung erheben ſie ſich noch zu einer weit bedeutenderen Höhe, und an allen erhabnen Kämmen, welche das Hasli einſchließen, kann man ſie mit dem Fernrohre in bedeutender Höhe entdecken. Die Helle-Platte an der Handeck und die zu-

gerundeten Kuppen des Thalgrundes über der Handeck, welche ich Taf. 15 u. 16 habe abbilden laſſen, bieten jedoch die ſchönſten Beiſpiele geſchliffener Flächen, welche ich kenne. *)

*) A. Mouſſon hat in ſeiner „geologiſchen Skizze der Umgebungen von Baden im Kanton Aargau" einige Zweifel gegen meine Anſicht der Entſtehung der Felsſchliffe erhoben, und namentlich der polirten Flächen des Hasli und der Ausſpülungen am Sturze der Handeck Erwähnung gethan. Was ſeine Behauptung, daß die Karren nicht dem Eiſe der Gletſcher, ſondern dem Sommer und Winter (?) unter denſelben fließenden Gewäſſern zuzuſchreiben ſeien, ſo hat noch niemand das Gegentheil geſagt und noch niemand die Karren der direkten aushölenden Reibung der Gletſcher zuzuſchreiben verſucht. Wenn aber Hr. Mouſſon ferner verſichert, um die Oberfläche des Granits zu poliren, genüge der Einfluß der Waſſer; wenn er als Beweis für dieſe Anſicht die Ausſpülungen der Handeck anführt und daraus hernach ſchließt, alle Felsſchliffe könnten mithin Gewäſſern zugeſchrieben werden, ſo muß ich Hauptſatz wie Folgerungen unbedingt zurückweiſen, und als aus unzulänglicher Beobachtung hervorgehend, erklären. Hr. Mouſſon unterſcheidet offenbar durchaus nicht die Waſſerpolitur der Geſteine von den Eisſchliffen. Er unterſcheidet nicht die matten, unebenen, löcherigen Ausſpülungen, welche durch das Waſſer zwiſchen den vorſtehenden Ecken und Kanten der Felſen ausgehöhlt werden, und welche niemals geſtreift ſind, von den gleichmäßig ebenen, glänzenden, geſtreiften Flächen der Eisſchliffe mit ihren regelmäßig fortlaufenden Streifen und abgerundeten Felſenkämmen. Gerade die Handeck und die einige Minuten von ihr entfernte Helle-Platte, bieten in dieſer Hinſicht die ſchönſten Gegenſätze dar. Dort ſcharfe Felsecken,

Digitized by Google

Die *Karrenfelder* ſind ebenfalls unwiderlegliche Beweiſe der früheren Exiſtenz von Gletſchern an den Orten

welche ſchon ſeit Jahrhunderten dem mächtigen Sturze einer ungeheuren Waſſermaſſe widerſtehen und noch nichts von der Schärfe ihrer Kanten verloren haben; dazwiſchen in den Vertiefnngen matt polirte Löcher und Höhlen wie ausgeſchürft; — hier ebene gleichmäßige Fläche mit horizontalen Streifen, hell und glänzend, nirgends eine vorſpringende Kante, überall ſanfte wellenförmig abgeſchliffene Rundhöcker. Ich kenne nichts Ueberzeugenderes, als die vergleichende Unterſuchung dieſer beiden Lokalitäten mit den Schliffen unter einem Gletſcher ſelbſt, z. B. dem Unteraargletſcher; aber man führe dieſe Unterſuchung auch genau und ohne in Vorurtheilen befangen zu ſein, aus. Wenn nun Hr. *Mouſſon* ferner von den Streifen der Felſen des Hasli ſagt: „ſie erinnern weniger an die ſcharfen, gleich fortſetzenden Einſchnitten eines ritzenden Körpers, als an die ſtumpfen, unbeſtimmt auslaufenden Schrammen, die ein mächtiger Felsblock fortgeriſſen und mit ſeinen Enden anſtoßend, ziehen könnte. Man glaubt ſogar die ſchwache nach oben convexe Krümmung jener Furchen zu erkennen, die von der gleichzeitigen Wälzung jener Blöcke herrührte," ſo ſind das individuelle Anſichten und Meinnngen, die man ſehr leicht einer hypothetiſchen Urſache andichten kann, allein deren Nachweis ſehr ſchwierig werden könnte. Wenn aber wirklich fortgeriſſene Blöcke Furchen ziehen, warum haben die Ausſpülungen der Handeck, wo ſo viele und oft ſo große Steine durch den Strom hinabgeſtürzt werden, warum haben dieſe keine Furchen. Und wenn das Waſſer ſo große polirende Kraft hat, als ihm Hr. *Mouſſon* zuſchreibt, warum haben ſich die Streifen an den ſenkrechten Felswänden des Hasli er-

wo ſie ſich finden; nur muß man ſie gehörig von andern, den Bergbächen und Waſſerſtürzen angehörenden Ausſpülungen zu unterſcheiden wiſſen. Man findet zahlreiche Spuren von ihnen auf der Scheideck zwiſchen Meyringen und Grindelwald; die merkwürdigſten aber, welche ich in der Alpenkette kenne, trägt eine kleine iſolirte Kuppe in der Nähe von Meyringen, das Kirchet genannt. Die ſteilen Wände dieſer Kuppe ſind ſo polirt von allen Seiten, daß ihre Erſteigung ſehr ſchwer wird; doch gelang ſie mir, und ich erſtaunte nicht wenig, oben angelangt, den etwa 100 Fuß breiten Gipfel der Kuppe, den ein mächtiger Kranz aufgepflanzter Blöcke umgibt, überall von Karren durchfurcht zu ſehen. Und die wäſſrigen Niederſchläge der Atmosphäre ſollten auf einem ſo kleinen Raume auch nur die mindeſte Rinne haben aushöhlen können, und wirklich ausgehöhlt haben, während ſie auf weiten Flächen, welche nicht, wie dieſer Hügel, auch die übrigen Zeugen früherer Gletſcherbildung trägt, keine Spur ihrer Einwirkung zurückgelaſſen hätten? Manche Geologen haben die Schwierigkeit gefühlt, die Exiſtenz der Karren an ſolchen Orten aus der einfachen Einwirkung des Regen und Schneewaſſers zu erklären und ihre Zuflucht zu der Hypotheſe genommen, es ſei Waſſer, mit einer Säure geſchwängert, welches die Karren an ſolchen Stellen ausgehöhlt habe. Ich begreife nicht, warum das geſäuerte Waſſer gerade auf ſolche, oft ſehr kleine und iſolirte Orte

halten, die doch den Lauf des Gewäſſers, welches an ihnen herabrieſelt, in rechtem Winkel durchſchneiden?

vom Himmel herabgefallen ſein ſoll und warum es nicht ſolch geſäuertes Karrenwaſſer auch in der Umgegend geregnet haben ſoll?

In der Nähe der Karren trifft man hie und da Löcher an, von alten Waſſerfällen herrührend, welche ebenfalls dazu beitragen, die Exiſtenz eines ehemaligen Gletſchers zu beweiſen. Denn meiſtens finden ſie ſich an Stellen, wohin kein von den Thalwänden herabſtürzender Bach, ſondern nur ein, von Eiswänden eingeſchloſſener Waſſerfall gelangen konnte, und da ſolche Waſſerfälle durch den Gletſcher hinab, wie wir oben geſehen, ziemlich häufig und in ihren Wirkungen auf den Boden gewiß eben ſo mächtig ſind, als die gewöhnlichen Waſſerfälle, ſo mag es nicht als außerordentlich erſcheinen, wenn man hie und da dergleichen Löcher antrifft. Charpentier hat deren mehrere bei Bex gefunden. Sie finden ſich ebenfalls auf dem Salève, wo ſchon Sauſſure darauf aufmerkſam gemacht hat. „Man ſieht, ſagt er, auf der Oberfläche des Felſen runde Aushöhlungen, welche mehrere Fuß im Durchmeſſer haben und zwei bis drei Fuß tief ſind.“ Er ſchreibt ſie der Einwirkung von einzelnen Strömungen im großen Strome zu, welche gegen dieſe Stellen gerichtet geweſen wären. *) Damit aber dieſe Erklärung zuläſſig ſei, müßte man zuvor die Möglichkeit des Stromes ſelbſt nachweiſen.

Dieſe Löcher finden ſich jedoch nicht ausſchließlich an den erhabenen Stellen, ſie kommen auch auf ebenen Flä-

*) Saussure, Voyages. Bd. 1. S. 139. § 222.

Digitized by Google

chen und in Vertiefungen, ja ſelbſt in Flußbetten vor. So ſieht man z. B. unter der erſten Aarbrücke, oberhalb der Handeck, eine große kreisförmige Bütte von 5 bis 6 Fuß Durchmeſſer, welche ihrer Lage zufolge, unmöglich von dem jetzigen Aarſtrom eingegraben worden ſein kann. Sind die Rieſentöpfe in Schweden nicht vielleicht ähnliche Bildungen?

So mannichfaltige Ausflüge ich auch gemacht habe, um meine Kenntniß der erwähnten Erſcheinungen ſo weit als möglich auszudehnen, ſo bildet dennoch meine Unterſuchungen bei Weitem noch kein ſolches Netz über den Schweizerboden, daß ich ſie als lückenlos hinſtellen könnte. Ein Menſchenleben wäre zu gering für eine ähnliche Arbeit. Um indeß zu zeigen, wie allgemein verbreitet alle dieſe Erſcheinungen in den Gebieten der Alpen ſind, will ich hier nur die hauptſächlichſten Schriftſteller anführen, welche ſchon früher uns mit dieſen Phänomenen bekannt machten.

Die Findlingsblöcke, welche ſich im Innern der Alpenthäler finden, ſind faſt für die ganze Ausdehnung der alpiniſchen Ketten bekannt. Sauſſure*) und Deluc**) beſchrieben ſie in den Savoyer Alpen, von Buch***)

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes.

**) A. De Luc, Voyages géologiques, in den Abhandlungen der Geuſer phyſikaliſchen Geſellſchaft. Bd. 5.

***) L. v. Buch in den Abhandlungen der königl. Akademie der Wiſſenſchaften in Berlin. Berlin 1815. S. 161 ff.; und in Leonhard's Mineralogiſches Taſchenbuch für 1818. 2. Abthl. S. 458 ff.

und v. Charpentier *) in den Walliſer Alpen, Studer **) im Berner-Oberland, Eſcher v. d. Linth ***) in der öſtlichen Alpenkette, de la Bèche †) im Teſſin. Felſenſchliffe fand Studer im Val-Anzasca, Val-Quarrazza und Val d'Aoſta, Guyot im Teſſin und Graubündten und Studer beſchrieb die Karrenfelder an mehreren entfernten Stellen der Alpenketten. Karten, welche alle beobachteten Erſcheinungen in ihrem Zuſammenhange darſtellten, würden ſicher manches klarer vor die Augen bringen, als Beſchreibungen es vermögen; allein die ungemeine Schwierigkeit der Entwerfung einer ſolchen Karte mag ſie vor der Hand noch als einen frommen Wunſch erſcheinen laſſen.

Das gemeinſchaftliche Vorkommen der oben beſchriebenen Erſcheinungen, welche alle noch heute durch dieſelben Urſachen, die jetzigen Gletſcher, täglich bedingt werden, ſpricht mehr als alles Andere für die Richtigkeit unſerer Anſichten. In der That, wenn wir noch heute von den verſchiedenartigſten Urſachen, welche durch ein großes Ganzes, den Gletſcher, erzeugt werden, ſo durchaus unähnliche Wirkungen, wenn wir an denſelben Orten Schliffe durch das Eis, Ritze und Streifen durch die

*) J. de Charpentier, Notice etc. in den Annales des Mines. Bd. 8.

**) B. Studer in Meissner's Naturwissenschaftlicher Anzeiger. 1820.

***) Escher v. d. Linth, Neue Alpina. Bd. 1. p. 1 ff.

†) H. de la Bèche, Handbuch der Geologie, überſetzt von Dechen.

Digitized by Google

Felstrümmer, Blockanhäufungen durch die Bewegung, Karren durch die untergletſcheriſchen Bäche, und Waſſerlöcher durch die Waſſerfälle zwiſchen ſeinen Eiswänden in ihrer Entſtehung beobachten können, und wenn wir dann alle dieſe Erſcheinungen in anderen Gegenden vereinigt wiederfinden, wo die Urſache dieſer Phänomene verſchwunden iſt, und nur die Denkmale ihrer Exiſtenz hinterlaſſen hat; — ſind wir dann nicht gezwungen, folgerecht zu ſchließen: auch hier ſind Gletſcher geweſen? Oder iſt es vielleicht vernünftiger, hypothetiſche Urſachen ſich zu erfinden, von denen man noch gar nicht hat erweiſen können, daß ſie wirklich ſolche Wirkungen hervorbringen konnten? Wenn ungeheure Schlammſtröme die Felſen poliren, fortgeriſſene Blöcke die Thalwände ritzen ſollen, warum thun die Ströme und Gerölle unſerer Zeiten nicht das Nämliche? Warum ſollen die diluvianiſchen Felsblöcke ſo leicht geweſen ſein, um auf einem 3000 F. tiefen Strome (denn ſo tief und noch tiefer müßte der diluvianiſche Strom im Oberhasli, in der Nähe der Grimſel geweſen ſein) obenauf zu ſchwimmen, und die Thalwände zu ſtreifen, ſtatt auf dem Boden zu rollen? Haben ſie etwa ſeitdem ihr ſpeciſiſches Gewicht geändert? Und wenn ſolche furchtbare Ströme die Alpenthäler hinabrollten, warum ließen ſie dieſe alten in Form von das Thal ſchließenden Halbmonden aufgerichteten Felsdämme, die wir als Endmoränen betrachteten, ſtehen, und riſſen ſie nicht weg? Warum ſtürzten ſie die aufgepflanzten Blöcke nicht um? Oder wenn ſie ſelbſt dieſe Moränen anhäuften, dieſe Blöcke aufpflanzten, woher kam den di-

Digitized by Google

luvianiſchen Strömen die Eigenſchaft, ſich ſelbſt Dämme aufzuſtauen und die Blöcke in ſolchen Stellungen aufzurichten? Wie geſtalteten ſich die Waſſerfälle, welche die erwähnten Löcher aushöhlten, und wie kommt es, daß die Karren meiſtens auf den vorſtehenden Kuppen ſich finden, da, wo man ſie am wenigſten ſuchen ſollte? Alle dieſe Verhältniſſe laſſen ſich nur durch die Annahme einer größern Ausdehnung der Gletſcher in früheren Zeiten genügend erklären.

Wenn demnach die Gletſcher die Alpenthäler bis zu ihren Ausmündungen und bis in bedeutende Höhen über dem Thalboden erfüllt haben, ſo mußten die Alpen zu jener Zeit ein ungeheures Eismeer bilden, aus welchem nur die höchſten Spitzen auftauchten. Dieſes Eismeer ſchickte nach allen Seiten durch die großen Thäler jene alten ungeheuren Eisſtröme nach den ſchweizeriſchen und italieniſchen Ebenen hinab, ſo wie noch heute die Firnmeere der einzelnen Ketten ihre Ausläufer, welche aber die Ebenen nicht erreichen, durch die hohen Alpenthäler hinab ſenden.

Nur war der Unterſchied, daß heute nur noch die Hochthäler vergletſchert, die großen unteren Thäler aber frei ſind, während damals alle Hochthäler mit in den Bereich des Firnmeeres gezogen, und nur die größeren niedern Thäler die Gletſcherarme darſtellten. *) In der

*) Die nordiſchen Gletſcher ſcheinen nach Martins Beſchreibung viele Aehnlichkeit mit den vor Alters in der Schweiz beſtandenen zu haben, da ſie ebenfalls mehr breite Firn-

Digitized by Google

That zeigt das Verhalten der Moränen, daß die großen Thäler der Alpen in ihren Ausgängen, das Rhonethal mit ſeinen ſchönen Seitenmoränen von Martigny bis zum Lemanſee, das Aarthal von Meyringen bis zu den Seen von Brienz und Thun, das Reußthal am Vierwaldſtätterſee, das Rheinthal in ſeinem mittleren Theile bis zum Bodenſee, das Jakobsthal und Veltlin von Chiavenna etwa bis zum Comerſee, das Teſſin und das Val Formazza bis zum Lago maggiore die Hauptrinnen bildeten, durch welche jenes alte ungeheure Firnmeer ſeine Arme ausſandte; daß nur dieſe großen Arme die erwähnten Becken erreichten und ganz oder nur zum Theil ausfüllten, und daß alle Gletſcher der Seitenthäler welche in die Hauptthäler einmünden, nur Zuflüſſe der Hauptgletſcher bildeten, und nicht vereinzelt für ſich den Thalausgang erreichten. *) Begreiflicher Weiſe konnten demnach nur an den Ausgängen der großen Thäler Seitenmoränen entſtehen, während die ſeitlichen Zuflüſſe der großen Gletſcher nur mehr oder weniger bedeutende Mittelmoränen bilden konnten, die ſich auf dem Gletſcher zerſtreuten und nach und nach die Seiten- und Endmoränen erreichten, wie dies noch heut zu Tage bei den aus mehreren Zuflüſſen zuſammengeſetzten Gletſchern der Fall iſt. Da indeſſen dieſe ungeheuren Gletſcherarme bei ihrem Austritte in die

meere mit vereisten Ausgängen als ganze Gletſcherarme darſtellen.

*) Man nehme, um dieſen topographiſchen Verhältniſſen folgen zu können, die Keller ſche Reiſekarte, die einzig erträgliche Karte der Schweiz zur Hand.

Digitized by Google

ſchweizeriſche und lombardiſche Ebene ſich fächerförmig ausbreiteten, wie dies noch jetzt alle aus einem verhält= nißmäßig engen Thale in eine Ausweitung mündenden Gletſcher thun, und dies die Mächtigkeit ihrer Endmorä= nen ungemein ſchwächte, da überdieß manche andere Ver= hältniſſe die Erkenntniß dieſer Endmoränen, wenn ſie überhaupt in den großen Ebenen beſtanden, ungemein be= einträchtigen, ſo iſt es begreiflich, daß man erſt da End= moränen antrifft, wo dieſe Gletſcher nur bis zur Thal= öffnung reichen, und daß man ihre Ausdehnung in den Ebenen, welche übrigens durch viele, ſpäter zu erwäh= nende Erſcheinungen bewieſen wird, nicht mehr genau be= ſtimmen kann. Verfolgt man z. B. die zahlreichen Sei= tenmoränen der Ufer des Genferſees von Bex und Monthey bis nach Vevey, Lauſanne und La Côte auf der einen und nach Thonon auf der andern Seite, ſo ſcheint es, daß der das Lemanbecken erfüllende Gletſcher fächerförmig ſich ausbreitend, bei Bougi etwa endete, aber keine ei= gentliche Endmoräne beſaß, da die Blöcke, welche das Plateau von Gimel bedecken, nicht wie eine Moräne angehäuft, ſondern überall, wie die Blockdecke eines breiten platten Gletſchers, zerſtreut ſind. Sobald ſich aber dieſe Rieſengletſcher in einengende Thalwände zurückgezo= gen hatten, welche ihre ſeitliche Ausbreitung beſchränkten, alſo an der Mündung der großen Thäler angelangt wa= ren, ſo erſchienen auch Endmoränen, und je weiter ſie ſich durch die Thäler gegen das Herz der Alpen hin zu= rückzogen, deſto mehr Seitenthäler wurden frei und deſto mehr ſeitliche Gletſcher, welche früher nur Zuflüſſe des

großen Gletſchers darſtellten und deren Trümmerhaufen früher auf dem Rieſengletſcher nur Mittelmoränen gebildet hatten, bekamen ihre eigenen Endmoränen. Deßhalb trifft man nur in den Thälern der Alpen ſelbſt deutliche Endmoränen an, in den Hauptthälern vom Ausgange an bis zu ihrem Anfange, in den Seitenthälern ebenfalls, aber erſt an ſolchen Stellen, wo offenbar der Gletſcher frei für ſich endete, und nicht mehr in dem großen Gletſcher einmündete, und ſo finden ſich denn alte Moränen des Zermattgletſchers bei Stalden, der Gletſcher des Eringerthals bei Sitten und ähnliche an vielen andern Orten, die nur aus einer Zeit herſtammen können, wo der große, das Wallis erfüllende Gletſcher nicht weiter mehr; als Brieg reichte, während die letzte deutliche Endmoräne des Gletſchers des Aarthales bei Meyringen am Thalausgange ſich findet.

Unzweifelhaft iſt es wohl, daß zu jener Zeit die Verſtopfungen der Thäler durch aus den Seitenthälern hervordringende Gletſcher häufige Ueberſchwemmungen und Waſſerfluthen, wie im Bagnethale 1811, verurſachten, und daß Ueberſchwemmungen ſolcher Art den Geröllmaſſen zum Theil zu Grunde liegen, welche, wie bekannt, in etwa gleichförmiger Erſtreckung die Ausmündungen unſerer großen Alpenthäler, wie des Rhonethales von Siders zum Genferſee, des Aarthales zwiſchen Meyringen und dem Brienzerſee u. ſ. w. erfüllen.

Als endlich die Gletſcher in noch engere Grenzen ſich zurückzogen, und ihre Ausdehnung nur noch in den ſekundären Thälern hin- und herſchwankten, da bildete

ſich jene Menge von Moränen, welche man überall in dieſen Thälern antrifft, und welche, jünger als die der großen Hauptthäler, dem Zahne der Zeit beſſer widerſtanden haben, und deshalb auch leichter noch jetzt zu erkennen ſind. Wollte ich alle die, welche ich kenne, hier näher beſchreiben, ſo müßte ich mehrere Druckbogen füllen. Ich halte dies dem allgemeinen Plane meines Werkes zuwider, und führe nur an, daß in den Seitenthälern von Chamouni und Wallis, im Kander und Concheсthale unzweifelhafte Beiſpiele dieſer Art in Menge angetroffen werden, überzeugt, daß bald eine Zeit kommen wird, wo man den Umfang und die Lage dieſer alten Moränen eben ſo genau kennen wird, als die eines jeden andern geologiſchen Terrains, und wo man ſich wundern wird, wie man ſo lange ſie verkennen konnte.

Das Chamounithal bietet eine auffallende Eigenthümlichkeit dar; als ſeine Gletſcher noch eine weit größere Ausdehnung hatten, mündeten ſie nicht, wie jetzt, alle durch das Thal der Arve, ſondern ein Theil, und zwar namentlich die den jetzigen Gletſchern von Argentière, Tour und des Bois entſprechende Partie, nahm mit den Gletſchern von Trient und Tenneverge ſeinen Lauf gegen Montets und Valorſine, um über Finhaux und Salvent in das Rhonethal oberhalb der Piſſevache ſich zu ergießen. Die Richtung der Moränen des Glacier des Bois auf der Seite von Tines und Argentiere gegenüber und die der Streifen der Felsſchliffe von Salvent, laſſen über die Richtigkeit dieſer Thatſache keinen Zweifel. Es mögen ſich noch viele Beiſpiele dieſer Art in den Alpen

finden laſſen; auf dem Grimſelpaſſe wenigſtens deutet die Richtung der Streifen an den polirten Felſen des Sidelhornkammes und des Nägeli-Gräteli an, daß früher hier eine Gletſcherbrücke beſtand, welche die aus dem Rhone-, Furka-, Triften-Gletſcher u. ſ. w. gebildete Eismaſſe des Rhonethales mit dem das Aarthal ausfüllenden Gletſcher verband, und daß dieſe Gletſcherbrücke eine von dem Rhonegletſcher gegen das Aarthal hinabzielende Bewegung hatte.

Endlich zogen ſich die Gletſcher in die Hochregion der Alpen zurück, beſchränkten ſich auf die engen Grenzen, welche die Natur ihnen jetzt angewieſen zu haben ſcheint, und Tradition wie geſchichtliche Dokumente machten faſt überall ihre verhältnißmäßig geringen Oscillationen der wiſſenſchaftlichen Forſchung leichter zugänglich, wie wir es in einem früheren Kapitel geſehen.

Wenn man nun auch im Allgemeinen dieſe Reihe verſchiedener Zuſtände der Gletſcherausdehnung beſtimmen, und ihre verhältnißmäßige Größe zu gewiſſen Epochen angeben kann, ſo wird dies doch bei Weitem ſchwieriger und ſogar unmöglich, wenn man verſucht die Ausdehnung eines einzelnen Gletſchers zu einer beſtimmten Epoche zu fixiren. Außer den ſchon oben angeführten Schwierigkeiten der Altersbeſtimmung der einzelnen Moränen, tritt noch der Umſtand hinzu, daß nicht alle Gletſcher die gleiche Ausdehnung in der nämlichen Epoche hatten, daß, wie dies noch heute geſchieht, der eine vorrückte, während der andere ſich zurückzog, daß man mithin unvermeidliche Fehler begehen müßte, wollte man die jetzigen Größenverhältniſſe der einzelnen Gletſcher als Baſis an-

nehmen, von welcher man bei dieſen Beſtimmungen ausginge.

So verhielt ſich der Rückzug in die Alpen, welchen die Gletſcher antraten, als eine Veränderung der Verhältniſſe unſeres Erdkörpers ſie zwang, aus den Ebenen ſich zurückzuziehen. Wie weit ſie in dieſen Ebenen ſich erſtreckten, werden wir im nächſten Kapitel zu zeigen verſuchen, wollen aber nicht verhehlen, daß dies eine der ſchwierigſten Aufgaben ſei, die wir uns geſtellt, da die Verhältniſſe der unbeſchränkt in den Ebenen ſich ausbreitenden Eismaſſen ganz von der Art verſchieden geweſen ſein mußten wie unſere heutigen Gletſcher in ihren Thalbetten ſich verhalten.

Digitized by Google

Achtzehntes Kapitel.

Beweiſe für das frühere Vorhandenſein großer Eisfelder außer dem Gebiete der Alpen.

Im vorhergehenden Kapitel haben wir die Erſcheinungen beleuchtet, welche die frühere Exiſtenz ungeheurer Gletſcher in allen Alpenthälern beweiſen; wir haben gezeigt, daß dieſe Rieſengletſcher durch die Hauptthäler bis in die ſchweizeriſchen und italieniſchen Ebenen hinab mündeten, und wir können ſo jetzt zu den Thatſachen übergehen, welche darthun, daß in noch früherer Zeit die Eismaſſen eine ungleich größere Ausdehnung hatten. Auch hier werden die in gewiſſer Weiſe auf der Bodenfläche zerſtreuten Blöcke und die den alpiniſchen ähnlichen Felsſchliffe, nebſt einigen andern, weniger bezeichnenden Phänomenen unſere hauptſächlichſten Führer ſein.

Mit Abſicht vermied ich die *Fündlingsblöcke*, welche man in den ſchweizeriſchen Ebenen und dem Jura antrifft, mit den alten Moränen und den aufgepflanzten Blöcken der Alpenthäler als ein einziges Phänomen zu-

ſammenzufaſſen, obgleich man auch die letzteren die **Fündlingsblöcke der Alpenthäler** genannt hat. In der That ſind beide wohl zu unterſcheiden; die Fündlingsblöcke der Alpenthäler, welche aus den Hochthälern durch ein mehr oder minder enggeſchloſſenes Bett herabgeſtiegen ſind, reihen ſich in lange Züge von verſchiedener Höhe an die Thalwände, und bilden ſo an allen Terraſſen wo ſie ſich erhalten konnten, zuſammenhängende Parallellinien, welche an den beiden entgegenſtehenden Thalwänden ſymmetriſch ſich hinziehen *); während die Fündlingsblöcke außerhalb des Alpengebietes, in der großen Schweizer Ebene, am Fuße, auf dem Abhange und ſelbſt in den inneren Thälern des Jura, in allen möglichen Höhen zerſtreut ſich finden.

Als man der erratiſchen Blöcke als eines einzigen Phänomens gedachte, welches vom Schooße der Alpen bis gegen den Jura hin ſich erſtreckte, hat man nicht genug den Unterſchied ihrer Lagerung an dieſen verſchiedenen Orten, noch die bedeutende Verſchiedenheit, zwiſchen den großen Blöcken, welche allein Fündlingsblöcke genannt werden ſollten und den kleinen Steinen und Geröllen, welche meiſt unter den großen Blöcken angehäuft ſind, hervorgehoben.

Es läge außer dem Plane dieſes Werkes, wollte ich die Lagerungsverhältniſſe der erratiſchen Blöcke, welche ich

*) Die aufgepflanzten Blöcke erſcheinen zwar bisweilen iſolirt, allein es hängt dieſes von ihrer Ablagerungsweiſe ab; ſie ſind darum doch nicht mit den Fündlingsblöcken des Jura zu verwechſeln.

in verſchiedenen Gegenden der Schweiz beobachtet, beſchreiben, und in der That kann ich in Hinſicht der Einzelheiten dieſer Verhältniſſe auf die zahlreichen Unterſuchungen verweiſen, welche in den im vorigen Kapitel angeführten Schriften verzeichnet ſind. Ich werde daher hier nur die Grundzüge ihrer allgemeinen Anordnung, das Ausgezeichnete ihrer Lage, Form und Verhältniſſe zu dem Boden, auf welchem ſie ruhen, verzeichnen, und einige neue in der Schweiz von mir beobachtete Fakta hinzufügen. Ich kann mich um ſo mehr auf die mir genau bekannten Gegenden beſchränken, als in dem „Handbuch der Geognoſie von de la Beche, überſetzt von v. Dechen" eine vortreffliche Ueberſicht alles deſſen, was über dieſen Gegenſtand veröffentlicht worden, zu finden iſt, und ich meine Anſicht nur durch Thatſachen begründen möchte, für deren Richtigkeit ich bürgen kann.

Das Großartige in der Erſcheinung der erratiſchen Blöcke der Schweiz, ihre geologiſche Wichtigkeit und ihre Analogie mit ähnlichen Erſcheinungen im Norden hat zuerſt Leopold von Buch *) hervorgehoben. Zwar theilt er Sauſſure's Anſicht, daß dieſe Blöcke durch Fluthen an ihre ietzige Stelle gebracht worden ſeien; nicht deſto weniger aber hat er, durch eine ſeltene Kenntniß aller Lokalitäten unterſtützt, auf das ſpeciellſte den Weg bezeichnet, welchen die Blöcke verſchiedenen Urſprunges bis zu ihrer Ankunft im Jura befolgt haben müſſen. Die Schil-

*) Leopold von Buch in Leonhard's Taſchenbuch für 1818, 2. Abth.

Digitized by Google

derung des Faktiſchen übertrifft an Genauigkeit Alles, was bisher über erratiſche Blöcke geſchrieben worden, jedoch hebt er vielleicht zu ſehr die mittlere Lage der Fündlingsblöcke des Jura hervor. Seine Erklärungsart des Transportes halte ich für durchaus falſch und werde weiter unten ihre Unzulänglichkeit nachweiſen.

In der Ebene bietet die Anordnung der Blöcke im Allgemeinen keine beſonderen Eigenthümlichkeiten dar; man findet ſie unregelmäßig auf dem Boden zerſtreut. Doch hat L. v. Buch die wichtige Beobachtung gemacht, daß in der Ebene von Moudon weit mehr Blöcke von Gneiß als von Granit angetroffen werden, und daß an den Ufern des Neuenburger Sees die Puddinge von Valorſine nur den niederſten Abhang einnehmen, und nicht, wie die Granite, zu den Gipfeln emporſteigen. Er bringt dieſe Thatſache in Beziehung zur abſoluten Höhe, auf welcher dieſe Geſteine in der Kette des Montblanc, woher ſie ſtammen, ſich finden.

Auf dem Südabhange des Jura ſind die Fündlingsblöcke in Bezirke oder Zonen abtheilt, welche den Ausmündungen der großen Alpenthäler entſprechen. Von Buch behauptet ſogar, dieſe Zonen zeigten eine regelmäßige Krümmung, deren höchſter Punkt genau der Richtung des ſtärkſten Stoßes, welcher, nach ſeiner Anſicht, aus den Alpenthälern hervorbrach, gegenüberſtehe, während die Schenkel des Bogens in der Richtung der Kette von Oſt nach Weſt ſich hinabkrümmten, und er ſieht hierin einen der ſtärkſten Beweiſe für ſeine Stromtheorie. Allein dieſe gekrümmten Zonen kommen durchaus nicht allgemein vor;

die Blockanhäufungen entſprechen vielmehr den Teraſſen des Bodens in den verſchiedenen Gegenden des Jura und nur manchmal nehmen dieſe, durch die geognoſtiſche Beſchaffenheit des Jura bedingten Bodenabſtufungen die Geſtalt ſolcher gekrümmten Zonen an. Der Südabhang des Jura bietet mehrere ſolcher Bodenſtufen dar, welche meiſt geologiſchen Horizonten entſprechen, aber deßhalb nicht überall dieſelbe abſolute Höhe erreichen. Die erſte dieſer Stufen zieht ſich längs des Bieler- und Neuenburgerſees hin, iſt nur an wenig Orten in Form niedriger Hügelebenen ausgebildet, und gehört der Molaſſaformation an, wie die Plateau's von Bevaix, Grandſon, Neuveville u. ſ. w. Die Kämme des Neocomien mit den blauen Mergeln in den Längsthälchen dahinter, bilden einen zweiten, ſcharf von der dritten Stufe geſchiedenen Höhenzug. Dieſe dritte Stufe, das Portlandgeſtein mit ſeinen Mergeln, iſt nicht immer ſo genau wie die des Neocomien abgegränzt, und verſchmilzt oft mit der vierten, dem Coralrag, welche die höchſten Kämme und ſteilſten Abhänge des Gebirges bildet.

Auf allen dieſen Bodenabſtufungen findet man Blöcke. Die erhabenſten bilden Felskränze um die höchſten Kuppen, ganz denen vom Kirchet und St. Triphon ähnlich, welche wir bei den aufgepflanzten Blöcken erwähnten, und erreichen meiſt eine Höhe von 3000 — 3300 Fuß; die höchſten Blöcke auf Chaumont liegen bei 3282 Fuß; die Abhänge der Kuppen zwiſchen 2400—3000 Fuß tragen gemeiniglich keine Blöcke, ohne Zweifel wegen der Steilheit ihrer Neigung; nur in dem breiten Einſchnitt

von Provence oberhalb Grandſon, ſteigen ſie ununterbrochen bis auf 2300 Fuß Höhe herab. Dagegen findet man eine große Menge auf den verſchiedenen Terraſſen, welche das Portlandgeſtein darbietet, in allen Höhen zwiſchen 1900 — 2400 Fuß; auf dieſer Stufe der Juragehänge finden ſie ſich ſelbſt am zahlreichſten, und man verfolgt leicht ihre Anhäufungen vom Schloß von Neuveville über Fontaine-André, Pierre-a-Bot (der berühmte Block von 50,000 Kubikfuß Maſſe liegt bei 2177 Fuß), Troirods, Chatillon, Freſens, Mutruz bis zur Schlucht der Orbe. Auf dem Nordabhange des Chaumont findet ſich ein großer Block bei 2772 Fuß, auf dem Nordabhange des Boudryberges ein ähnlicher bei 2592 Fuß Höhe. Auf den Kämmen und Abhängen des Neocomien, in einer Höhe von 1600 — 1800 Fuß, ſind ſie eben ſo häufig, als ſie in dem kleinen Mergelthal, welches ſich zwiſchen ihnen und dem Portland hinzieht, ſelten vorkommen. Endlich findet man ſie mehr oder weniger auf den molaſſiſchen Ebenen in einer Höhe von 1500—1600 Fuß, und an den Abhängen derſelben bis zu den Ufern des Sees, welcher 1342 Fuß über dem Meere liegt. *) Jedoch werden die Blöcke in den tiefer gelegenen Gegenden

*) Herrn Guyot, welcher die vielfachſten Höhenmeſſungen der hauptſächlichen Lagerungsſtätten der Blöcke auf meine Bitte ſeit mehreren Jahren angeſtellt hat, verdanke ich die zahlreichen Details, welche keinen Zweifel mehr über das wahre Verhältniß der Anordnung dieſer Blöcke laſſen. Ich gebe hier nur die allgemeineren Reſultate.

mit jedem Jahre ſeltener, da man ſie zu Mühlſteinen und Weinbergsmauern verwendet.

Die beſondere Lagerungsart, welche wir ſchon bei den aufgepflanzten Blöcken der Alpen beſchrieben haben, iſt auch den Fündlingsblöcken des Jura nicht fremd, im Gegentheil findet man ſie ſehr oft in den kühnſten Stellungen, welche kaum erklärlich ſcheinen, auf ihren Kanten und ſchmalen Seiten und meiſt auf den ſteilen Spitzen und Kämmen gelagert.

Ueber den Urſprung der Fündlingsblöcke können durchaus keine Zweifel mehr obwalten. Es geht aus den Unterſuchungen von L. v. Buch, Eſcher von der Linth, Studer u. A. hervor, daß die Fündlingsblöcke des waadtländiſchen und neuenburgiſchen Jura von den Walliſer Alpen und der Montblanckette, die des berniſchen Jura vom Oberland, die des aargauiſchen und Züricher Gebietes aus den kleinen Kantonen ſtammen, und daß man nur ſelten und nur an der Grenze zweier Gebiete Mengungen der Geſteine aus den verſchiedenen Alpenketten antrifft. Es beweiſt dieſe Thatſache, daß das Ereigniß, welches der Fortſchaffung der Blöcke zum Grunde lag, in allen großen Alpenthälern, welche ſich gegen die Ebenen der Schweiz und Italiens öffnen, wirkſam war.

Die Größe und Geſtalt der Fündlingsblöcke verdienen eine beſondere Aufmerkſamkeit. Sie haben meiſt ſcharfe Ecken und Kanten, zeigen faſt keine Spur von Reibung oder Abnutzung und wiederholen im Allgemeinen die Geſtalt der großen Granitblöcke, welche, in der Richtung ihrer Spalten und Schichtflächen abgelöſt, noch jetzt täg-

lich von den Kämmen der Alpen trümmern. Wenn man zuweilen welche von zugerundeter Geſtalt antrifft, ſo ſcheinen ſie eher zerfallen und verwittert, als an ihren Rändern und Winkeln abgenutzt. Meiſt ſind ſie nicht nur eben ſo groß, ſondern ſelbſt noch größer, als die in den Alpenthälern und der Schweizer Ebene anzutreffenden Blöcke.

Wie aber ſind dieſe erratiſchen Blöcke von den Alpen auf den Jura gekommen? Das iſt von jeher eine der beſtrittenſten Fragen der Geologie geweſen. Jedenfalls muß eine ungeheure Kraft dabei wirkſam geweſen ſein, wie wir ſie nirgends mehr heut zu Tage in der Natur erblicken. In Ermangelung anderer Auslegung wurden Hypotheſen aufgeſtellt, unter welchen die Annahme großer Strömungen als Fortſchaffungsmittel vorzugsweiſe gehegt wurde, und in der That ſcheint ſie auch beim erſten Anblick am natürlichſten, da ihre Wirkungen die mächtigſten in der Jetztwelt ſind. Nichtsdeſtoweniger werden wir bald ſehen, daß dieſe Annahme ganz unzuläſſig iſt, indem ſehr viele Phänomen der erratiſchen Blöcke dabei unerklärt bleiben. Auch ſind die Anhänger dieſer Theorie nichts weniger als einig über die Natur und den Urſprung dieſer Strömungen.

De Sauſſure *), welcher zuerſt die Stromtheorie aufbrachte, nimmt an, vor der Theilung der Felſen, zwiſchen welchen die Rhone bei dem Fort L'Ecluſe hindurchſtrömt, hätte die Schweizer-Ebene einen großen See gebildet, deſſen Durchbruch an jener Stelle die Alpenblöcke

*) Voyages dans les Alpes. Bd. 1. Cap. 6.

mit ſich auf den Abhang des Jura geriſſen hätte. Von Buch ſchon hat hierauf entgegnet, „ein ſolcher Strom hätte nie die Blöcke auf die Weiſe wie ſie liegen, anordnen können"; die relative Höhe der Blöcke und die Anweſenheit des Valorſinegeſteins an den Ufern des Neuenburger-Sees widerſpricht auch durchaus der Annahme einer ſolchen Stromrichtung, und die Verſchiedenheit zwiſchen den, den einzelnen Alpenthälern gegenüber liegenden Blockzonen, und namentlich zwiſchen den Fündlingsblöcken der öſtlichen und weſtlichen Schweiz ſchließt von vorn weg die Annahme eines einzigen Stromes, der die Blöcke fortgeſchafft haben ſoll, aus.

L. v. Buch *) modificirte die Sauſſureſche Theorie dahin, daß er eben ſo viele Ströme annahm, als er große Thäler und dieſen entſprechende Blockzonen ſah. So unterſcheidet er den Strom des Wallis von denen der Aar, Reuß und Limmat, und bringt ſo die Ströme mit der ihnen entſprechenden Vertheilung der Blöcke in Einklang. So folgerecht iſt ſeine Theorie entwickelt, durch ſo viele Thatſachen unterſtützt, daß man ſie annehmen müßte, wenn ſie nur in dem Bereich, nicht der Möglichkeit, ſondern nur der Wahrſcheinlichkeit gehörte; allein ſie hat auch gar manche Fakta gegen ſich und ſchließt ſo viele Räthſel ein, daß ihr ganzes, wenn auch noch ſo ſchön aufgeführtes Gebäude einer umſichtigen Unterſuchung nicht Stand halten kann.

*) Leopold v. Buch in Leonhard's Taſchenbuch f. 1818. 2. Abth. S. 438.

So z. B. um den Unterſchied zwiſchen den Blöcken der Ebene nnd den auf der Höhe des Jura gelegenen zu erklären, behauptet L. von Buch die Waſſerſtröme hätten ſich mit einer ſo ungeheuren Geſchwindigkeit von den Alpen her auf den Juradamm geſtürzt, daß die Geſteine aus verſchiedenen geologiſchen Horizonten und abweichenden Höhen in dem Strome ſelbſt ihre reſpectiven Niveau's beibehalten hätten und ſo in Zonen abgelagert worden wären, welche den Höhen, worin man die Geſteine in der Alpenkette anſtehend findet, entſprächen. So ſeien denn die tiefer anſtehenden Valorſinegeſteine in der Tiefe, am Rande des Sees und auf der weiten Ebene, die Granite der Hochgipfel auf den Kämmen des Jura abgelagert worden. Welcher Zuſammenfluß verſchiedenartiger Umſtände wäre aber zu einer ſo wunderbaren Wirkung erforderlich geweſen? Die von der Spitze des Orneix ſtammenden Granite ſtehen 3000 Fuß höher an, als die höchſte Gränze des Valorſinegeſteines; der Strom müßte alſo in demſelben Momente von einer Fläche von wenigſtens 3000 Fuß Höhe und ungeheurer Breite mit völlig gleicher Geſchwindigkeit losgebrochen und ſein Stoß ſo ungeheuer ſchnell und ſtark geweſen ſein, daß trotz aller Hinderniſſe die der Strom in ſeinem Laufe antreffen mußte, die Geſteine der verſchieden geologiſchen Horizonte zwar fächerförmig nach den Seiten hin in einer horizontalen Ebene ſich ausbreiten, aber nicht ſich mit einander vermengen, nicht im Strome ſelbſt ſich ſenken konnten. Können doch die geſchickteſten Kanoniere es mit ihren Geſchützen nicht dahin bringen, auch nur auf eine verhältniß-

mäßig ſehr geringe Strecke, mehreren, zu gleicher Zeit abgeſchoſſenen Kugeln eine vollkommen parallele Richtung zu geben, und ein ſo bewegliches Ding wie ein Waſſerſtrom, ſoll mit gleichmäßiger Geſchwindigkeit von allen Punkten des Alpengebirgs hervorgeſtürzt, und ſeine Geſchiebe, die Fündlingsblöcke, ſo vollkommen parallel fortgetrieben haben, daß ſie, von einer 3000 Fuß hohen Baſis abgeſchoſſen, auf eine Entfernung von 300,000 Fuß und mehr, nur eine Convergenz von 1000 Fuß erhalten hätten? (Die Niveauverſchiedenheit zwiſchen den Blöcken von Vaſorſine und denen von Orneir beträgt bei Neuenburg etwa 2000 Fuß.) Und nicht in der Luft, in einem tobenden Waſſerſtrome, der ſich am Moleſon und den Molaſſahügeln der Waadt brach, demnach Strudel bildete, in einem ſolchen Meadium ſollen die Blöcke in ſo gerader Linie fortgeſchoſſen ſein? — Und alle dieſe unglaublichen, phyſikaliſch unmöglichen Dinge eines einfachen Verhältniſſes wegen, welches ſich aus unſerer Anſicht ganz von ſelbſt ergibt!

Eine andere Thatſache, welche ſich mit der Annahme eines Stromes nicht vereinigen läßt, iſt das Vorkommen der Fündlingsblöcke in den inneren Thälern der Jurakette welche ſich nicht unmittelbar in die ſchweizeriſche Ebene öffnen. Von Buch hatte nur vorübergehend die Blöcke im Val de Travers erwähnt und behauptet, ſie ſeien über die Kette des Creux du vent hinübergeflogen, indem der Strom ſtark genug geweſen ſei, um ſie über die ſüdlichſten Kämme des Jura hinüberzuſchleudern. Im Jahre 1835 gab ich in der société géologique zu Paris mehrere,

von mir beobachtete Lagerungsſtätten in Binnenthälern des Jura an *), und zog daraus den Schluß, die Theorie der Ströme ſei ungenügend zur Erklärung der Thatſachen. Man begleitete im Bülletin die kurze Notiz mit der Bemerkung, „da meine Anſichten über die Lagerungsverhältniſſe der Blöcke in Binnenthälern (es waren beobachtete Fakta!) mit der allgemein angenommenen Theorie der Ströme unvereinbar ſeien, ſo müſſe man ſie als unbegründet zurückweiſen.“ Und doch hatte ſie Deluc, der ältere, ſchon mit folgenden Worten beſchrieben: „Auf dem Wege von Motiers-Travers nach Fleurier trifft man eine ſolche Menge von Urgeſteinen an, daß man ſich in einem Thale der Hochalpen glaubt. Und dennoch iſt man 5 Stunden von der Mündung des Thales gegen den See zu entfernt, und das Thal ſelbſt iſt, nahe ſeiner Mündung, durch zwei Engpäſſe, la Clusette u. les Oeillons genannt, faſt völlig geſchloſſen. Oberhalb Motiers-Travers gegen Süden findet ſich unter dem Gute Pierrenoud eine Vertiefung, auf deren Seiten man eine Menge von Graniten gelagert findet.“ **) Er ſagt weiter: „Das Creux du Vent (Windloch) auf dem rechten Ufer der Reuſe bildet, in ſeinem oberen Theile, einen Halbkreis von etwa 1¾ Stunden Durchmeſſer; ſeine Felswände erheben ſich etwa 500 Fuß über den Grund der Aushöhlung.

*) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 7. p. 80.

**) J. A. de Luc, Voyages géologiques dans quelques parties de la France, de la Suisse et d'Allemagne. Londres 1813. Bd. 1.

Der Berg, worin es ſich findet, bildet ein Vorgebirg; in einer gewiſſen Höhe dieſes Vorgebirges, Noiraigue gegenüber, ſieht man die auffallendſten Granitblöcke; ihre Größe und Menge erinnert faſt an die Senndörfer der Berge; ſie liegen ſo nahe bei einander, daß nur ſchmale Graspfade ſich zwiſchen ihnen durchwinden. Einer von dieſen Blöcken hatte wenigſtens 25 Fuß Länge auf 10—15 Fuß Breite und Höhe, den Theil, der in die Erde ſtak, ungemeſſen; die übrigen maßen 10—15 Fuß in allen Dimenſionen."

„Das Thal von La Sagne liegt nördlich vom Val de Travers und weſtlich vom Val de Ruz. Am Cret de la Sagne und am Pont-Martel im Südweſten findet man Granite in größerer Menge."

Nahe bei Dazenet zwiſchen Lachaurdefonds und dem Doubs fand Deluc eine Menge von Urgeſteinen. Man nennt ſie dort Griſons und verbraucht die größeren, welche auf der gegen den Doubs hin abfallenden Seite des Gebirges (alſo auf dem nördlichen Abhange) ſich finden, zu Mühlſteinen. Bei Pontarlier und Ornans ſah Deluc ebenfalls Blöcke.

Das St. Immerthal iſt ſeiner Anſicht nach ein wahres Magazin von Urgeſteinen, obgleich es gegen die Alpenkette hin geſchloſſen iſt. Selbſt die zwiſchen dieſem Thal und dem Bette des Doubs ſich hinziehenden Kämme ſind mit Blöcken und kleineren Stücken derſelben Geſteine überſäet. Bei Pierre-Pertuis beſteht der ganze Boden aus Stücken von Urgeſteinen, mit Kalkſteinen vermengt,

und unter den Granitblöcken fand Deluc dort einen ſchönen Block von Serpentin.

Bewohner dieſer Gegenden, die ich nach allen Richtungen durchzogen habe, könnte ich eine weit größere Anzahl von Blöcken in den Binnenthälern des Jura aufführen, und ihre oft ſehr ausgezeichneten Lagerungsverhältniſſe, wie bei Pertuis, im Norden des Val de Ruz, nördlich vom Mont-Aubert u. ſ. w. beſchreiben, aber ich habe vorgezogen, einfach die Beobachtungen der Genfer Geologen hier wiederzugeben, um nicht, wie ſchon das erſtemal als ich dieſe Verhältniſſe erwähnte, geſchehen iſt, der Ungenauigkeit beſchuldigt zu werden. Zudem gewinnen ſolche ältere Beobachtungen mit jedem Tage an Wichtigkeit, da die ſtets fortſchreitende Kultur unſerer Gegenden und die Anwendung der Blöcke zu Mauern und Mühlſteinen, ihre Zahl immer mehr und mehr vermindert.

Wie ſoll man ſich nun, im Angeſicht ſolcher Thatſachen, einen Strom vorſtellen, der, ſo ungeheure Blöcke mit ſich wälzend, die hohen Kämme des Jura überfluthet und die Blöcke ebenſogut auf den Nordabhängen des Gebirges, über welche er in das Thal hinunterſtürzen mußte, abgeſetzt hätte, als auf den ſüdlichen Abhängen, wider welche er anprallte?

Die Form und Größe der Fündlingsblöcke des Jura iſt eine zweite Thatſache, welche der Fortſchaffung durch Ströme durchaus widerſpricht. Wie ſollen in der That dieſe Blöcke von den Alpen bis zum Jura fortgeriſſen worden ſein, ohne ſich zu reiben und abzunutzen? Warum

finden ſich ſelbſt die größten Blöcke in bedeutenden Höhen und wie kommt es, daß ſie nicht im Verhältniß ihrer Größe und ihres Gewichtes, während des Weges ſich geſenkt haben?

Man hat freilich geantwortet, der Strom ſei ſo übermächtg und ſeine Geſchwindigkeit ſo ungeheuer geweſen, daß die Steine nicht darin hätten ſich ſenken, noch weniger den Boden berühren, am allerwenigſten aber hätten rollen können. Man häuft hier Räthſel auf Räthſel. Wo hatte denn der Strom die fürchterliche Gewalt her? Und wenn dieſe Gewalt wirklich ſo groß war, warum hat nicht jeder Block ein Loch in die Jurafelſen gewühlt? Warum ſieht der Jura nicht aus, wie ein durchlöcherter Schwamm, oder eine von Kanonenkugeln durchbohrte Feſtungsmauer? Und wenn die großen Blöcke mit ſolcher Gewalt bis an den Jura geriſſen wurden, warum ſprangen die kleinen Gerölle nicht über die Ketten hinaus und füllten die Längsthäler des Gebirges aus, ſtatt in der großen Schweizer Ebene liegen zu bleiben? Man ſollte faſt denken, der Strom habe für jeden einzelnen Stein eine ſeiner Maſſe angemeſſene Stoßkraft in Bereitſchaft gehabt!

Drittens iſt bei Annahme der Stromtheorie die Stellung der Blöcke eine unbegreifliche Thatſache. Nur eine gleichmäßig abgemeſſene Kraft, die ſich langſam erhebt und langſam zurückzieht, konnte ſo viele dieſer Blöcke auf ihre Spitzen, ihre ſchmalen Seiten aufrichten, ſie auf erhöhte Stellen aufpflanzen, von welchen ſie bei einigermaßen ſtarker Erſchütterung herabgeſtürzt ſein würden oder auf Abhängen abladen, deren Neigung kaum ihr Liegen-

bleiben erlaubt. Und ein Strom hätte ſie ſo abſetzen können! Prallt denn der Strom, nicht an den Hinderniſſen wieder, die ſich ihm entgegen ſtellen? Die Wellen der heutigen Gewäſſer brechen ſich, bilden Strudel und Brandungen, reißen alles Bewegliche nieder, wo ſie an ſteilen Ufern mit Heftigkeit anprallen, und führen es weg. Das alles war anders bei dem Strome, der die Fündlingsblöcke brachte! Er hatte die Beſtimmung, die Blöcke zum Jura zu führen, und dort in den kühnſten Stellungen abzulagern. Warlich, mit großer Geſchicklichkeit entledigte er ſich ſeines Auftrages! Mit ungeheurer Geſchwindigkeit kam er an; aber in dem Momente, wo die Blöcke den juraſſiſchen Boden berührten, beruhigte er ſeine aufgeregten Wellen; kein Rückſtoß, kein Strudel fand ſtatt; die Blöcke blieben ſtehen in der Stellung, wie ſie gekommen waren, ohne ſelbſt zu ſchwanken und mit ſanftem Gekräuſel, wie das Gemüth des Gerechten nach vollbrachtem Tagwerke, zog ſich der Strom zurück, wohin? — ſagt man nicht.

Zudem hätten übrigens ſolche große, gleichmäßige Ströme im Rhone-, Aar-, Reuß- und Limmatthal, nachdem ſie den Jura erreicht, nach Weſt oder Oſt abfließen und die Blöcke am Fuße des Jura ſowohl wie in der Ebene in Längslinien abſetzen müſſen, anſtatt ſie in einzelne Bezirke abzutheilen. Zwar ſagt von Buch „die Blöcke eines jeden Stromes erreichten ihre größte Höhe dem Thale gegenüber, aus welchem ſie hervorgeſtürzt, und jede Zone fiele bogenförmig nach beiden Seiten hin von dieſem Gipfelpunkte ab;" allein, wie wir

oben bemerkt haben, iſt dieß für die Walliſer Zone wenigſtens durchaus nicht nachgewieſen, wenn gleich von Buch gerade für dieſe jene Anordnung beſonders anſpricht.

Ich will den Anhängern der Stromtheorie die Frage nicht ſtellen, woher denn das Waſſer gekommen ſei, welches ſie in ſolchem Uebermaß über die Schweiz ausgießen. Würden die beobachteten Thatſachen ſeine Exiſtenz beweiſen, man müßte es annehmen, ſelbſt wenn man ſeinen Urſprung nicht kennte. Aber fragen darf man, wo die Reſervoirs ſollen gelegen haben, aus denen die Ströme mit einer ſolchen Geſchwindigkeit und Kraft hervorgebrochen ſind, daß ſie die von allen Kämmen und Spitzen losgeriſſenen Felsſtücke durch alle Thäler hindurch gegen den Jura geführt hätten?

Mag man nun heut zu Tage dies Ereigniß mit der Erhebung der Alpen ſelbſt in Beziehung bringen, ſtatt Waſſerſtrömen Schlamm- und Schuttſtröme, den beim Bergfalle der Dent du Midi erzeugten ähnlich, annehmen, mag man ſie vom Schmelzen und Einſtürzen der Gletſcher herleiten; immer kommen dieſe Modifikationen auf die Annahme von Strömen heraus, welche, mochten ſie angekommen ſein mit welcher Geſchwindigkeit ſie wollten, nach ihrem Anprallen nach Weſt oder Oſt hin, ſich aus dem Becken der Schweiz entleeren mußten. Wenn nur ihr flüſſiger Theil ſich entleert haben ſoll, warum ſind unſere Seen nicht erfüllt geblieben? Oder wenn nur die geringeren Gerölle bei dem Rückzuge der Ströme fortgeführt wurden, die größern Blöcke aber liegen

blieben, warum hat ſich die Unterlage von feinem Sand und Gerölle, worauf noch ſehr viele der großen Blöcke ruhen, erhalten? Und wie endlich ſoll die eckige Form, eine ſo charakteriſtiſche Eigenſchaft der Fündlingsblöcke mit dieſen Strömen vereinbar ſein.

Auf die Erfahrung geſtützt, daß die ſchwimmenden Eisberge der Polarmeere oft bedeutend große Felsſtücke ſchwimmend erhalten und ſo nach andern Ufern hin fortſchaffen, wovon er mehrere Beiſpiele anführt, verſuchte Lyell *) den Transport der Fündlingsblöcke durch ſolche Eisflöſſe zu erklären, welche von Waſſerſtrömen bewegt, ſie fortgeſchafft hätten. Allein ſowohl die Vertheilung der Blöcke nach verſchiedenen Zonen als die weite Ausdehnung der Schliffflächen, wie endlich die Unterlage von Geröll und Sand unter den Blöcken, widerſprechen durchaus der Möglichkeit einer ſolchen Erklärung.

J. H. Deluc **) der Aeltere nahm gewaltige, durch die Einſenkung der Schichten in die Thäler bedingte Explosionen von Gas an, welche die Blöcke entweder von den Alpen her durch die Luft an den ſüdlichen Juraabhang geſchleudert oder die Blöcke in den Binnenthälern durch die Schichten des Jura hindurch an die Oberfläche geſtoßen hätten. Das Studium der Erhebungen der Ge-

---

*) Philosophical Transactions 1835. Eine franzöſiſche Ueberſetzung dieſer Abhandlung von L. Coulon, findet ſich in den Mémoires de la société d'histoire naturelle de Neuchatel. Bd. 1.

**) Voyages géologiques. Londres 1813. Bd. 1.

birge hat aber dieſe Theorie ganz unhaltbar gemacht. Sauſſure*) hatte ebenfalls ſchon ſehr treffend Delucs Anſicht über die Eruption der Binnenblöcke mit der Aeußerung „die Naturforſcher wiſſen gar wohl, daß die Granite weder wie Trüffeln in der Erde, noch wie Tannen auf den Kalkfelſen wachſen“ zurückgewieſen, während er über das Fliegen durch die Luft ſagt „Maſſen von einem ſolchen Gewichte, von dem Schoße der Alpen, alſo einem ſo erhabenen Wurfzeuge auf ſo weite Entfernung geſchleudert, hätten die Felſen zertrümmert und tiefe Löcher ſich eingebohrt; während ſie auf der Oberfläche der Felſen, und oft nur mit wenigen Punkten aufruhen; — der Fall dieſer Blöcke, nur aus einer Höhe von 8—10 Fuß, hätte in einem Kalkgeſteine, welches gar nicht zu den härteſten gehört, bedeutende Aushöhlungen verurſacht.“ Nicht minder ſiegreich bekämpft von Buch**) die Deluc'ſche Anſicht durch anderweitige, aus der Fortſchaffungsrichtung und den jetzigen Höhenzügen der Blöcke gezogene Folgerungen.

Andere Naturforſcher, unter andern Dolomieu und Ebel, meinten, die Findlingsblöcke müßten auf einer ſchiefen Fläche von den Alpen bis auf den Jura fortgeſchafft worden ſein, große Umwälzungen hätten ſpäter durch Wegführung dieſes Bodens das große Thal der

*) Voyages dans les Alpes. Bd. 1. S. 136 § 219 u. S. 142 § 227.

**) Ueber die Urſache der Verbreitung großer Alpengeſchiebe. Leonhard's Mineralog. Taſchenbuch für 1818. S. 463.

Digitized by Google

Schweiz eingegraben, die Blöcke aber ſeien an der Stelle wo man ſie gegenwärtig bemerkt, liegen geblieben. Dieſe Theorie widerlegt ſich von ſelbſt durch den Umſtand, daß der Transport der Fündlingsblöcke das letzte der großen geologiſchen Ereigniſſe iſt, welches ſich auf der Oberfläche unſeres Schweizerbodens zugetragen hat. Wir wiſſen überdies daß unſere Seen ſchon zur Zeit dieſes Transportes exiſtirten.

Dieſe Betrachtungen werden hinreichen, um ſelbſt die Hartnäckigſten, von der Unzulänglichkeit der ſämmtlichen Theorien, die wir hier durchgegangen haben, zu überzeugen. Beſonders aber glaube ich dargethan zu haben, daß die Annahme von Strömungen, ſo groß man ſie ſich auch denken möge, nicht gegründeter iſt, als die andern Hypotheſen, indem ſie mit den wichtigſten Fakta im Widerſtreite ſteht. Es bleibt uns daher zu unterſuchen, ob es nicht in dem Phänomen der Fündlingsblöcke Thatſachen giebt, welche auf einen langſamen ruhigen Transport derſelben, etwa dem Fortrücken unſerer heutigen Alpengletſcher analog, ſchließen laſſen.

Wie wir geſehen haben, ruhen die Fündlingsblöcke am Jura gewöhnlich auf geſchliffenen Felſen, jedoch nicht unmittelbar, ſondern meiſt auf einem Geröllbette. Ueberall wo die Gerölle nicht ſpäter weggeſchwemmt oder ſonſt auf eine Art hinweggeſchafft wurden, findet man unter den großen eckigen Blöcken eine, mehrere Zolle bis mehrere Fuß dicke Unterlage von kleineren abgerundeten Geröllen und Kieſeln, welche meiſt ſehr vollkommen zugerundet, polirt und ſo aufeinander gehäuft ſind, daß die größeren

oben liegen, während die kleineren, oft nur Grand und ſelbſt ſehr feiner Sand, unmittelbar den geſchliffenen Felsflächen aufliegen. Dieſe conſtante Anordnung iſt mit der Anſicht einer Anſchwemmung durch Waſſer durchaus unvereinbar; denn in dieſem Falle wäre die Anordnung durchaus umgekehrt, die größeren Gerölle lägen unten, der feine Sand oben auf. Die Anweſenheit dieſes feinen Sandes beweist überdem, daß ſeit der Ankunft der erratiſchen Blöcke am Jura die-ſes Gebirge von keiner wichtigen Kataſtrophe betroffen worden, und daß namentlich die geſchliffenen Flächen ſeither keine Verſchiebung erlitten haben. Da aber dieſe Schliffflächen großen Theils die Ufer des Neuenburger- und Bielerſees bilden, ſo beweiſen ſie für dieſe, wie die Fortſetzung der Moränen längs der Ufer für den Genferſee, daß alle dieſe Becken ſchon zu der Zeit beſtanden, als die Blöcke zum Jura gebracht wurden.

Unabhängig von dieſer, aus Geröll und Sand beſtehenden Unterlage der Fündlingsblöcke, beobachtet man noch an mehreren Stellen der Juragehänge eigenthümliche geſchichtete Ablagerungen, welche zwar offenbar zu dem Transporte der Blöcke in Beziehung ſtehen, allein ihre jetzige Anordnung ganz beſonderen Verhältniſſen verdanken. Dieſe geſchichteten Ablagerungen beſtehen aus Geröll, Grand, Sand, ſelbſt Lehm, kurz aus denſelben Materialien, wie die Unterlage der Blöcke; ihre Schichtung iſt unregelmäßig, verſchiedenartig geneigt und unterbrochen. Ihre Lage wechſelt eben ſo ſehr wie ihre innere Anordnung; doch finden ſie ſich meiſt am Rande

der Terraſſen und an den niederern Stellen des feſten Bodens. Das ſchönſte Beiſpiel einer ſolchen geſchichteten Ablagerung findet ſich oberhalb Neuchatel (au Plan), an der Stelle wo die neue und alte Straße nach dem Gebirge ſich trennen. Offenbar haben ſich dieſe Ablagerungen ebenſo gebildet, wie ſie noch heute an manchen Gletſchern entſtehen, nämlich in kleinen Seen am Rande des Eiſes.

Der überzeugendſte Beweis indeß, daß die Fortſchaffung der erratiſchen Blöcke durch Eis und durch kein anderes Bewegungsmittel geſchah, iſt das Vorhandenſein von Felsſchliffen am Jura. Die franzöſiſchen Bewohner des Jura nennen dieſe Schliffflächen laves, indem ſie ſie ohne Zweifel dem Waſſer zuſchrieben. Ich entdeckte ſie zuerſt im Jahre 1836 und habe ſie ſeitdem in der ganzen Länge des Jura auf ſeinem Südabhange, von dem Fort l'Ecluſe an bis in die Umgegend von Aarau beobachtet.

Dieſe Felsſchliffe bilden gleichförmige zuſammenhängende Flächen, welche durchaus weder von der Schichtung noch dem Streichen der juraſſiſchen Kette abhängen; ſie erſtrecken ſich über die ganze Bodenfläche, allen Unebenheiten folgend, breiten ſich gleichmäßig über den Neocomien, wie die übrigen juraſſiſchen Felsarten aus, und dringen in die Thäler wie auf die vereinzelten Kuppen. Friſch aufgedeckt und von der Dammerde und dem Sande entblößt, welche ſie gewöhnlich bedecken, bieten ſie glatte Spiegelflächen dar, welche bald vollkommen eben, bald mehr oder weniger wellenförmig, oft ſelbſt von mehr oder weniger tiefen gewundenen Rinnen durchfurcht, oder von zugerundeten länglichen Höckern durchkreuzt ſind. Nie

aber folgen dieſe Rinnen und Höcker der Richtung des Bergabhanges, ſondern laufen mehr ſchief oder ſelbſt horizontal, ſo daß jeder Gedanke an Entſtehung durch Eroſion von Regen oder Schneewaſſer gänzlich ausgeſchloſſen bleibt. Selbſt wenn die polirte Fläche über Felſen von verſchiedener Härte ſich hinzieht, wie z. B. über die Breccien des Portlandgeſteines, behält ſie ihre Gleichförmigkeit bei; die Foſſile, welche ſich auf der Oberfläche einer ſolchen polirten Felsplatte finden, ſind durchſchnitten und geſchliffen, wie in einer durch Künſtlerhand polirten Marmorplatte (ſ. Taf. 18 Fig. 5 den Durchſchnitt einer Nerinea.)

Sind dieſe geſchliffenen Flächen wohl erhalten, ſo bemerkt man auf ihnen feine, gerade, zuſammenhängende Streifen, ganz den Ritzen ähnlich, welche ein Diamant auf Glas kratzt. Meiſt folgen dieſe Streifen der Richtung der Rinnen, doch kreuzen ſie ſich oft auf die mannichfaltigſte Weiſe.

In den Vertiefungen und Eindrücken des Bodens wie au Plan, weicht die Richtung der Streifen oft von der auf den Abhängen befolgten allgemeinen Richtung ab, und zeigt ſo auf das ſchönſte die durch die Bodenbeſchaffenheit bedingten ſeitlichen Bewegungen des Eiſes an. Auf den Schichtenköpfen ſind die Streifen ebenſo beſtimmt als auf den Flächen, und ſie folgen, ſo wie die Striche auf den Rundhöckern der Alpengranite, genau allen Ungleichheiten der Felſen. An verſchiedenen Orten, wo das Relief des Bodens beſondere Bewegungen im Gletſcher bedingt zu haben ſcheint, bemerkt man breite ebene Aus-

höhlungen mit genau umſchriebenen Rändern, die ganz das Ausſehen haben, als ob ſie mit einer Hacke eingehauen worden wären.

Die ausgezeichnetſten Lokalitäten in der Umgebung Neuchatels ſind die Flächen des Neocomien auf dem Mail, einem Spaziergange auf der Seeſeite, und au Plan, am Vereinigungspunkte der beiden Straßen. Die ſchönſten Schliffe ſind indeß in etwas größerer Entfernung von Neuchatel zu finden, wie bei Combettes oberhalb Landeron (ſ. Taf. 17), auf dem Portland über der Grenze der Weinberge und des Waldes; bei St. Aubin, unter den Mauern der alten Straße; und oberhalb Conciſe.

Sehr wichtig iſt die Thatſache, daß ſich die Felsſchliffe mit ihren Streifen nicht nur auf den Abhängen des Jura, ſondern auch überall, wo das Geſtein fähig war, ſie zu erhalten, in Mitten der Ebene ſich finden, wie z. B. am Fuße des Hügels von Chamblon bei Yverdon. Es iſt dies beſonders deßhalb wichtig, weil ſchwimmende Eisberge, deren Anſtoßen man ebenfalls die Streifen und Schliffe hat zuſchreiben wollen, doch ſchwerlich auf dem Boden des Thales ſolche Wirkungen hätten hervorbringen können.

Aber nicht bloß auf dem Südabhange des Jura trifft man Felſenſchliffe an. Ich habe ſie mit allen ihren charakteriſtiſchen Kennzeichen in den Binnenthälern ebenfalls aufgefunden, nordöſtlich von Bellegarde in dem Thale von Chézery und in der Umgegend des lac de Joux. Dagegen ſieht man ſie nie auf dem Boden der Längsthäler, welche ſich zwiſchen den Abriſſen der einzelnen geologiſchen Horizonte des Jura gebildet haben, noch auf

den hervorſtehenden Schichtenköpfen welche dem Innern der Kette zugewandt ſind, während auf mehreren ſolchen, gegen die Alpen gewandten Abriſſen, wie längs der neuen Straße bei St. Aubin und am Schloſſe von Vaumarcus, ſich Schliffe finden.

Während ſo die Felſenſchliffe des Jura bis in die kleinſten Einzelheiten, denen der Alpen vollkommen ähnlich ſind, giebt ihnen doch die mineralogiſche Verſchiedenheit des Geſteins, und noch mehr der ſo abweichende orographiſche Charakter der Ketten ein eigenthümliches Anſehen. Die Abhänge des Jura ſind meiſtens durch die Schichtenflächen ſelbſt gebildet und ſomit die breiten ebenen Schliffflächen hier weit häufiger als in den Alpen. Rundhöcker trifft man nur da wo die Schichtenköpfe der Einwirkung des Eiſes in größerer Erſtreckung ausgeſetzt waren, wie z. B. nahe beim Schießplatze von St. Blaiſe. In den Alpen dagegen ſind die Rundhöckerfelſen bei Weitem gewöhnlicher als breite ebene Flächen; die unregelmäßig verworfenen Felswände der Alpenthäler bieten nur ſelten größere ebene Strecken, während alle Bedingungen zur Rundhöckerbildung ſich in den mannichfaltigen Zerklüftungen der Alpengeſteine vereinigt finden.

Ich glaube nicht, daß die Felſenſchliffe des Jura mit den zuweilen polirten Saalbändern der Schichtenverwerfungen oder den Rutſchflächen der Schichten verwechſelt werden können. Doch will ich kurz ihre Unterſchiede angeben. Die erſteren dringen ſchief oder vertikal durch die Schichten hindurch, ſind nur hie und da, wo der eine Theil der zerworfenen Geſteine ſich geſenkt hat, entblößt,

und bieten demnach nie eine große Oberfläche dar. Die letzteren nehmen oft ziemlich ausgedehnte Flächen ein, wenn die oberen Schichten, welche auf den unteren rutschten, abgehoben ſind; allein die durch das Rutſchen entſtandenen Linien und Furchen, haben ſtets die Richtung der Schichtenneigung, was bei den Eisſchliffen faſt nie der Fall iſt.

Wie ſchon oben bemerkt, haben die durch das Waſſer hervorgebrachten Schliffe, mögen ſie durch laufende Wäſſer oder durch die Wellenbewegung großer Waſſerbecken entſtanden ſein, ſtets ein ganz eigenthümliches Ausſehen. Im erſtern Falle ſind es gewundene Rinnen, welche der Richtung des Abhanges folgend, nach unten laufen, während die durch das Eis bedingten Rinnen von den Geſteinsverhältniſſen abhängen, und alle möglichen queren und ſchiefen Richtungen behaupten. Die durch die Wogen ausgehöhlten Runſen, welche ſich an den Ufern der Seen finden, bilden ungleiche, mehr oder minder tiefe Ausfurchungen, welche dem Uferfalle und der vorherſchenden Wind- und Wellenrichtung folgen, wenn nicht eigenthümliche Uferverhältniſſe eine Aenderung dieſer Richtung bedingen. In der Umgegend von Neuchatel kann man leicht alle dieſe Verſchiedenheiten der polirten Flächen kennen lernen, wenn man die Eisſchliffe des Mail, die Erosionen der Seeufer unter dem Kirchhofe und die Ausſpülungen der Schlucht des Seyon vergleichungsweiſe unterſucht. Zudem iſt die Waſſerpolitur nie ſo glatt und glänzend als die Eisſchliffe; ſie zeigt Löcher und vorſpringende Kanten, welche bei letzteren ſtets abgerundet und verflacht ſind. Die Wirkungen des Waſſers ſind die-

ſelben, es mag Sand und Schlamm anſchwemmen oder nicht, nur bilden ſie ſich im letzteren Falle langſamer.

Leider habe ich, ſeitdem ich mit dieſen Unterſuchungen mich beſchäftige, die Meeresküſte noch nicht beſuchen können, um die Einwirkung der Ebbe und Fluth und der großen Strömungen auf die verſchiedenartigen Geſteine kennen zu lernen; doch denke ich, werden ſie nicht ſehr von den an unſeren Seeufern zu beobachtenden ſich unterſcheiden. Noch weniger habe ich unterſuchen können, auf welche Art das Treibeis der Polarmeere z. B. auf die Ufer der See einwirkt; ſchwerlich indeß anders, als das unſerer Flüſſe. An den Ufern unſerer Flüſſe und Seen verſchmelzen die Wirkungen des Waſſers und Treibeiſes mit einander; indeß kann offenbar das letztere, da es ſchwimmt, nur in der Höhe des Waſſerſtandes eine Einwirkung ausüben, und die Schliffflächen, welche es hervorbringen könnte, müßten demnach ſchmale, dem jemaligen Waſſerſtande entſprechende Streifen, nicht aber große ebene Flächen darſtellen, welche, wie die des Jura, die ganzen Abhänge und ſelbſt den Fuß des Gebirges einnähmen.

Nur große Eismaſſen, welche unmittelbar auf dem Boden ruhten und ſich über ihn hin bewegten, konnten mithin den Eisſchliffen des Jura ihre eigenthümliche Beſchaffenheit ertheilen. Wie in den Alpen verdanken die Streifen und Furchen ihre Exiſtenz der Reibung des feinen Sandes und Grandes zwiſchen der felſigen Bodenfläche und dem Eiſe; und daß die Furchen am Jura häufiger vorkommen als in den Alpen, rührt von dem

einfachen Umſtande her, daß die Schichten unſerer Jurakalke von zahlreichen, mehr oder weniger gradlinigen Spalten zerklüftet ſind, während die Granite und Schiefer der Alpen nur im Großen unregelmäßige Riſſe und Spaltungsflächen zeigen.

Die Richtung der Streifen und Furchen auf den Schliffflächen des Jura entſpricht der Neigung der großen Schweizer Ebene von Weſt nach Oſt, da das dieſelbe ausfüllende Eis ſich in dieſer Richtung bewegte.

Indeß ſind die Felſenſchliffe nicht nur in den engen Raum des Schweizergebietes eingeſchränkt; in England, Schweden, den Vogeſen, dem franzöſiſchen Jura und auf den Südabhängen der Alpen gegen Italien hin, hat man ſie ſchon aufgefunden und wird ohne Zweifel ſtets mehr und mehr Orte ihres Vorkommens entdecken.

Graf Laſteyrie iſt meines Wiſſens der Erſte, welcher ſie in der ſcandinaviſchen Halbinſel beobachtete. *) Später beſchrieb ſie Alex. Brongniart **); am vollſtändigſten aber hat ſie Sefſtröm in jenen Gegenden unterſucht ***), indem er beſonders die Streifen der Felsſchliffe ins Auge faßte, ihre gleichmäßige Erſtreckung über große Flächen und ihre unveränderliche Richtung ver-

*) Journal des Sciences usuelles. Vol. 5. p. 6.

**) Annales des Sciences naturelles. Vol. 14. p. 17.

***) Unterſuchung über die auf den Felſen Scandinaviens in beſtimmter Richtung vorkommenden Furchen und deren wahrſcheinliche Entſtehung von Prof. Sefſtröm. Poggendorff's Annalen. Bd. 43. S. 533.

folgte. Er geht von der Anſicht aus, ein großer, von Nord nach Süd ſich wälzender Strom habe alle Gerölle, welche ſich auf unſerm Continente finden, von der nördlichen Erdhälfte hergeführt; dieſe Geröllfluth habe die Felſen abgerundet, geebnet, und durch ihren Grand und Sand jene auffallenden Streifen und Furchen eingeritzt, die ſeiner Ausſage zufolge oft ſo ſcharf und fein wie mit Diamant geritzt ſind. Merkwürdiger Weiſe bewahrt Seffſtröm dieſe Anſicht, trotz folgender, ihr durchaus widerſprechender Beobachtung, die er ſelbſt anführt. „Es gibt bei dem großen Fall der Dalelf unweit Aveſtad und auch bei dem ſogenannten kleinen Fall verſchiedene Felſen mit ausgezeichnet ſchönen Furchen, die gegen die dortige Richtung des Fluſſes einen Winkel von 75—86 Graden machen; deßungeachtet fließt die Dalelf über dieſe Furchen, vielleicht ſchon länger als die egyptiſchen Pyramiden ſtehen; ſie führt beſtändig eine Maſſe Steine, Sand und Grand darüber hinweg, was natürlich eine Abnutzung hat zu Wege bringen müſſen; aber dennoch iſt dieſe während Jahrtauſenden nicht ſo groß geweſen, daß die Deutlichkeit der Gerölifurchen dadurch an einigen Stellen gelitten hätte.“ Spricht dieſe Beobachtung etwa für die Anſicht einer Fluth? Gewiß erklären ſich alle Erſcheinungen, welche Seffſtröm anführt, weit ungezwungener durch die Annahme von großen Gletſchern, welche von Schweden her gegen Deutſchland vorrückten, als durch Seffſtröms petridelauniſche Geröllfluth, wie er ſie nennt. Die Anſicht eines Stückes geſchliffenen Geſteins, welches Elie de Beaumont von Berzelius erhielt, hat mich

überzeugt, daß ſolche große Gletſcher in Schweden beſtanden haben müſſen, denn Politur und Streifen dieſes Porphyrſtückes ſtimmen vollkommen mit den in der Schweiz anzutreffenden Felsſchliffen überein.

In Großbrittanien hat Sir James Hall Felsſchliffe in den Umgebungen von Edinburg, Sedgwick und Buckland in den Grafſchaften Weſtmoreland und Cumberland aufgefunden, und v. Verneuil, der mehrere dieſer Lokalitäten beſucht, hat mir ein Stück Bergkalk von Lancaſhire mitgebracht, welcher durchaus daſſelbe Anſehen hat wie die Schliffe von Landeron.

Wie ſchon im erſten Kapitel erwähnt wurde, hat Renoir die wichtige Entdeckung von Spuren ehemaliger Gletſcher und geſchliffener Felſen mit Moränen, wie in den Alpen, in der Kette der Vogeſen gemacht. Hauptmann Le Blanc hatte, ohne ſie genauer verglichen zu haben, ſchon bei der Verſammlung der geologiſchen Geſellſchaft in Pruntrut auf die Aehnlichkeit zwiſchen den erratiſchen Blöcken von Giromagny und den Moränen aufmerkſam gemacht, und neuerdings hat Hogard, dieſer gründliche Kenner der Vogeſen, Renoirs Beobachtungen beſtätigt und erweitert. Da dieſe Beobachtungen die frühere Exiſtenz von eigenen, nicht etwa von den Alpen herkommenden Gletſchern in einer Gebirgskette darthun, worin jetzt keine Spur von ausdauerndem Schnee zu finden iſt und welche nie als der Schauplatz früherer großer Waſſerſtröme angeſehen wurde, ſo haben ſie einen um ſo höheren Werth für die Annahme allgemein verbreiteter Eisdecken.

Die übrigen, den Gletſchern entſprungenen Erſcheinungen, welche man im Jura wie in den Alpen beobachtet, ſind:

Die Karrenfelder. Schon bei den alpiniſchen Karren haben wir gezeigt, wie dieſe Runſen nicht der direkten Einwirkung des Eiſes, ſondern den unter demſelben rinnenden Bächen ihre Entſtehung verdanken. Dieſe, von Eisufern eingedämmten Bächlein bringen oft Eroſionen des Grundes an ſolchen Stellen hervor, wo das Relief des Bodens an ſich ihnen durchaus ungünſtig ſein mußte. Man findet ſie an vielen Orten im Jura und meiſt an ſolchen Stellen, wo die wäſſrigen Niederſchläge der Atmosphäre unmöglich hätten ſolche Runſen ausſchürfen können, und wo nothwendig die Gewäſſer durch Uferwände, welche die Lokalität dominirten und ſie dort feſthielten, die aber ſeitdem verſchwunden ſind, eingeſchloſſen ſein mußten.

Die auffallendſten Karren des Jura finden ſich bei Chatillon oberhalb Bevaix, an dem Abhange von Bözigen, neben der Straße von Biel nach Sonceboz und auf dem Gipfel des Marchairu im waadtländiſchen Jura in einer Höhe von 4490 Fuß über dem Meer. In den Runſen dieſer Karren findet man noch ziemlich häufig Gerölle alpiniſchen Urſprungs.

Die ſichtbarſten Unterſchiede, welche man zwiſchen den alpiniſchen und juraſſiſchen Karren bemerkt, werden hauptſächlich nur durch die orographiſche Verſchiedenheit der beiden Ketten bedingt, da man ſie hier auf weit ausgedehnten Flächen, dort meiſt nur auf Rundhöckern beobachtet.

Endlich findet man an mehreren Orten im Jura gewiſſe Runſen und trichterförmige Ausſchürfungen, welche mehr oder weniger tief ſenkrecht in die Felſen eindringen, gleichförmig ausgehöhlte Wände haben, ganz wie die Ausſpülungen von Waſſerfällen, und doch nicht von Felswänden überragt werden, von welchen ein Bach hätte hinabſtürzen können. Ohne Zweifel rühren dieſe Ausſchürfungen von Waſſerfällen her, welche ſich zwiſchen dem Eiſe, welches früher den Jura bedeckte, auf den Grund hinabſtürzten, ſo wie es heute noch in den Gletſchern der Fall iſt. Man trifft dieſe Runſen und Trichter meiſt da, wo auch Karren ſich vorfinden, und gerade dieſe Verbindung ſpricht für die mir wahrſcheinliche Entſtehungsart dieſer Eroſionen. Die Rieſentöpfe in Schweden ſind wahrſcheinlich ähnlichen Gletſcher-Waſſerfällen zuzuſchreiben, wie ich ſchon oben erwähnte, und Sefſtröm hat in ſeiner eben angeführten Schrift, wenn er ſie auch einer andern Urſache zuſchreibt, wenigſtens nachgewieſen, daß viele derſelben den Gewäſſern, wie ſie heut zu Tage fließen, nicht zugeſchrieben werden können.

Das vereinigte Vorkommen aller dieſer ſo verſchiedenen Phänomene, welche in den Alpen offenbar durch die Gletſcher bedingt werden, und welche man nirgends ſonſt in ähnlichen Verhältniſſen zu einander antrifft, führt uns natürlich zu dem Schluß, daß die Fündlingsblöcke, die Schliffflächen und die Karren des Jura ebenfalls der Einwirkung von Eismaſſen ihren Urſprung verdanken, ganz ſo wie wir aus demſelben Phänomene auf eine frühere weit bedeutendere Ausdehnung der Gletſcher in den Alpen

ſchloſſen. Und leicht iſt es in der That zu erweiſen, daß alle dieſe Phänomene ſowohl untereinander als namentlich auch mit der Fortſchaffung der Fündlingsblöcke in der engſten Verbindung ſtehen, daß die Blöcke ſich zu ihrer Unterlage von Grand und Gerölle genau ſo verhalten, wie die von den Gletſchern verlaſſenen Blöcke zu der Geröllſchicht, welche meiſtens das Bette der Gletſcher bedeckt; daß dieſe Geröllſchicht ſelbſt das Werkzeug war, deſſen ſich der Gletſcher zum Poliren ſeines Felsbettes bediente; daß die feinen Kieſel und Kryſtallſtücke dieſer Geröllſchicht die polirten Flächen ritzten und ſtreiften; und daß die unter dem Eiſe fließenden Gewäſſer und die durch ſeine Spalten ſtürzenden Waſſerfälle die Karren und Waſſerlöcher ausnagten. Wohl wenige, auf ſo große Strecken ausgebreitete Erſcheinungen mögen in ſo enger Verbindung zu einanderſtehen, und in allen einzelnen, ihr Ganzes zuſammenſetzenden Thatſachen ſo genau mit einander übereinſtimmen; und wenn es überhaupt erlaubt iſt, auf dem Wege der Induction eine Theorie aufzuſtellen, ſo mag wohl keine beſſer und folgerichtiger begründet ſein, als die der Fortſchaffung der erratiſchen Blöcke durch Eis.

Es bleibt uns daher nur noch die Frage über die Beſchaffenheit, die Ausdehnung und den wahrſcheinlichen Urſprung dieſer Eismaſſen am Jura zu betrachten übrig. Herrn Venetz gehört, wie Jedermann weiß, das Verdienſt, zuerſt den innigen Zuſammenhang der Gletſcher mit den alten Moränen wiſſenſchaftlich begründet zu haben. Charpentier verfolgte ſpäter dieſen Zuſammen-

hang nach allen Richtungen, und machte dabei auf eine Menge anderer Thatſachen aufmerkſam, welche ſich nur durch die Einwirkung des Eiſes genügend erklären laſſen; wie z. B. die Karren, die Schliffflächen u. ſ. w., die meiſtens mit den alten Moränen zuſammen vorkommen. Er verfolgte ſo die Spuren der Gletſcher bis in weite Entfernungen; da er aber von der irrigen Meinung ausging, die Fündlingsblöcke des Jura ſeien ächte Moränen, ſo ſchloß er daraus, die Gletſcher der Alpen müßten in früheren Zeiten eine weit größere Ausdehnung gehabt haben, ſo daß ſie ihre Moränen bis auf den Gipfel des Jura ſchieben konnten. Um eine ſolche rieſenhafte Ausdehnung der Gletſcher in Einklang zu bringen mit den climatologiſchen Zuſtänden unſeres Himmelsſtriches, nahm er an, die Alpen müßten damals eine weit beträchtlichere Höhe erreicht haben, wodurch ſie in den Stand geweſen wären, ſolche Gletſcher zu unterhalten; als aber nach und nach die Alpenkette ſich wieder geſenkt habe, hätten auch die Gletſcher abgenommen und wären in die höchſten Alpenthäler zurückgetreten, wo wir ſie noch jetzt antreffen. *)

So ſcharfſinnig auch dieſe Theorie ſein mag, ſo ſpricht doch kein einziges der uns bekannten Phänomene für dieſe größere Höhe der Alpenkette. Zudem haben wir auch bei Gelegenheit der Form der Gletſcher geſehen, daß ihre Länge weniger von der Höhe der Kuppen denen ſie ſich

*) J. de **Charpentier**, Notice etc. p. 18. Annales des Mines. Bd. 8.

anſchließen, als von der Lage der Eismeere, deren natürliche Ausflüſſe ſie ſind, abhängt. Ferner zeigt ſich ein großer Unterſchied zwiſchen den Lagerungsverhältniſſen der alpiniſchen Fündlingsblöcke und denen des Jura. Erſtere ſind in der That meiſt nichts anders als Bruchſtücke alter, mehr oder weniger zerſtörter oder verſchobener Moränen, welche eine frühere unverhältnißmäßig größere Ausdehnung der Gletſcher andeuten; dieſe dagegen zeigen durch ihre Zerſtreuung und Vertheilung in Zonen, daß ſie einer anderen bewegenden Urſache ihre Lagerung verdanken, und es kann der Transport derſelben, wenn ſie wirklich (wie wir ſpäter erweiſen werden) durch Eis an ihre Stelle geſchafft worden ſind, unmöglich durch eigentliche Gletſcher, wie Charpentier will, bewerkſtelligt worden ſein; denn ſie bilden weder lange Linien, wie Seitenmoränen eines in einem Felsthale eingeſchloſſenen Gletſchers, noch Endmoränen, wie ſie ein rieſiger von den Alpen her durch die Schweizer Ebene gegen den Jura hinabſteigender Gletſcher gehabt haben müßte. *) Welch ein ungeheurer Wall

*) Es gibt indeſſen im Jura wahre Moränen, welche man zwar noch nicht erwähnt, aber doch zu unterſcheiden hat von den erratiſchen Blöcken. Man findet dieſe Moränen nur an den höchſten Gipfeln unſeres Gebirges, und ſie ſtammen offenbar aus einer Zeit, wo, nach dem Rückzuge der Eisfelder, durch welche die Fündlingsblöcke an den Jura gelangten, der Jura noch ſeine eigene Gletſcher hatte. Die deutlichſten dieſer juraſſiſchen Moränen habe ich am Fuße der Dent de Vaulion, neben dem lac de Joux, nahe bei der Vereinigung der Straßen von Vallorbe und La Côte geſehen.

Digitized by Google

müßte es auch geweſen ſein, der ſolchen Gletſcher begränzte. Ferner, wären die Fündlingsblöcke nach Art der Moränen an den Jura gebracht worden, ſo müßten ſie alle abgerundet ſein, während die meiſten ihre ſcharfen Ecken und Kanten beibehalten haben.

Endlich bleibt noch dieſe andere Schwierigkeit; will man die auf dem Südabhange des Jura gelegenen Blöcke für Moräneu eines großen Gletſchers anſprechen, ſo iſt kein Grund vorhanden, warum man nicht auch den Transport der im Innern des Jura befindlichen, dem Gletſcher zuſchreiben, und überhaupt den Gletſcher da voraus ſetzen ſollte, wo Spuren von der Einwirkung des Eiſes vorhanden ſind. Dann müßte aber der Gletſcher ſich nicht allein an die erſte Kette angelehnt, ſondern er müßte über mehrere der höchſten Ketten hinweggegangen ſein. Eine ſolche Ausdehnung ſtünde aber in keinem Verhältniß mehr zu den Alpen, ſo hoch man ſie ſich auch denken möchte. Es ſcheint mir daher eine andere Erklärungsart nöthig, und ich glaube zwiſchen den Eisfeldern, welche den Raum zwiſchen Jura und Alpen erfüllten, und den eigentlichen Gletſchern, welche in den Alpenthälern eingeſchloſſen waren, eben ſo gut unterſcheiden zu müſſen, als wir zwiſchen den alten Moränen und den aufgepflanzten Blöcken oder den alpiniſchen Fündlingsblöcken einerſeits, und den wahren, außer dem Alpengıbiete vorfindlichen Fündlingsblöcken andererſeits unterſchieden haben.

Meiner Anſicht nach kann nur auf folgende Weiſe das Ganze der eben auseinander geſetzten Thatſachen mit den Ergebniſſen der Geologie in Einklang gebracht werden.

Zu Ende der geologiſchen Epoche, welche der Erhebung der Alpen vorherging, bedeckte ſich die Erde mit einer ungeheuren Eiskruſte, welche von den Polargegenden her über den größten Theil der nördlichen Halbkugel ſich erſtreckte. Die ſcandinaviſche und großbrittaniſche Halbinſel, die Nord- und Oſtſee, das nördliche Deutſchland, die Schweiz, das Mittelmeer bis zum Atlas, das nördliche Amerika und aſiatiſche Rußland waren ein ungeheures Eisfeld, aus welchem nur die höchſten Spitzen der damals beſtehenden Berge (die Centralalpen waren noch nicht) auftauchten und deſſen Grenzen uns noch heute überall durch die Grenzen der erratiſchen Blöcke bezeichnet ſind. Bei der Erhebung der Alpen wurde auch dieſe Eiskruſte, wie alle anderen Geſteinsſchichten, gehoben; die Trümmer, welche bei dieſer Umwälzung von den erhobenen Gebirgen ſich losriſſen, fielen auf das Eis und wurden nachher auf ſeiner Oberfläche fortbewegt, wie noch heute die Blöcke der Moränen auf der Eisfläche der Gletſcher, durch das wechſelnde Aufthauen und Gefrieren und die daraus hervorgehende Dilatation der Maſſe ohne ſich abzurunden, fortbewegt werden.

Durch die beſtändige Bewegung dieſer Maſſe, welche wie unſere heutigen Gletſcher, die Richtung der größten Neigung haben mußte, wurden alle beweglichen Gebilde unter ihr zerrieben und zermalmt bis zu einem feinen Sande; die feſteren Felſen wurden polirt und die feinen Streifen in ihre glatte Oberfläche durch die härteren Körner des Sandes, welcher ſich unter dem Druck eines ſo ungeheuren Gewichtes befand, eingeritzt. Zugleich wurden durch die

Waſſerfälle und Strömungen unter dem Eiſe, die Karrenfelder und übrigen Rinnen auf dem Felſenboden bedingt.

Als nun die Alpen gehoben worden waren, erwärmte ſich die Erdoberfläche von neuem; beim Schmelzen des Eiſes entſtanden große Vertiefungen da, wo die Kruſte am dünnſten war; Eroſionsthäler wurden da in dem Boden eingegraben, wo am Grunde der Spalten die Ströme ſchmelzenden Eiſes zwiſchen ihren gefrorenen Wänden dahinfloſſen, und als das Eis weggeſchmolzen war, blieben die großen eckigen Blöcke an Ort und Stelle auf der Geröll- und Sandſchicht, über welche früher die Eisdecke ſich hinbewegt hatte, zurück.

Durch dieſe Erklärungsweiſe ſcheinen mir alle Thatſachen, welche wir in dem Vorhergehenden beleuchteten, auf die ungezwungenſte Weiſe zu einem großen Ganzen vereinigt; eine und dieſelbe Urſache, welche noch heutzutage die ähnlichſten Wirkungen erzeugt, wird ſo den verſchiedenen Erſcheinungen zum Grunde gelegt und nicht nur ſchließt ſich ſo die geſammte Menge dieſer Phänomene auf das Genaueſte an die übrigen, dem Gebiete der Geologie angehörigen Verhältniſſe an, ſondern es erlaubt auch dieſe Betrachtungsweiſe einen Schluß auf die Zeitperiode unſerer Erdgeſchichte, in welcher die Geſammtheit dieſer Ereigniſſe zu ſetzen iſt.

Eine in der Geologie allgemein anerkannte Wahrheit iſt es, daß die Erhebung der öſtlichen Alpen die neueſte aller Umwälzungen iſt, durch welche das Bodenrelief

Europas umgeſtaltet wurde. *) Die Geröllmaſſe, welche man mit dem Namen des Diluviums oder des diluvianiſchen Terrains belegt, und welches ſich hie und da über die ganze Oberfläche Europa's und des nördlichen Aſiens und Amerikas verbreitet findet, iſt die jüngſte der Bildungen, welche durch dieſe Erhebung verſchoben wurde, mithin älter als die Erhebung der Alpen ſein kann. In dieſer Schicht findet man die vielen Knochen großer Säugethiere, ſämmtlich Geſchlechtern angehörig, welche noch in der jetzigen Schöpfung fortbeſtehen, und deren diluviſche Arten den lebenden ſelbſt ſehr nahe ſtehen. Aus dieſer, in den Polargegenden gefrorenen Erdſchicht ſtammen jene berühmten Reſte vorweltlicher Elephanten, welche man noch zuweilen mit Fleiſch, Haut und Haar erhalten in den Regionen des ewigen Eiſes findet. In ſeinen berühmten Unterſuchungen über die foſſilen Knochen zählt Cuvier **) eine Menge von Lokalitäten im Norden von Europa, Aſien und Amerika auf, wo dieſes Terrain foſſile Knochen in Maſſe einſchließt. Aus Pallas's Mittheilungen geht hervor, daß es in Sibirien beinahe kein einziges Revier giebt, wo nicht Elephantenknochen vorkämen. Die knochenreichſten Orte ſind jedoch nach Cuvier, gewiſſe Inſeln des Eismeeres im nördlichen Sibirien, gegenüber dem Ufer, welches die Mündung

---

*) Sur quelques unes des revolutions de la surface du globe par Elie de Beaumont. Paris 1830. p. 177.

**) Recherches sur les ossemens fossiles par G. Cuvier. Bd. 1. S. 202 der zweiten Ausgabe.

der Lena von der der Indigirka trennt. Die dem Continent am nächſten gelegene iſt 36 Stunden lang. „Die ganze Inſel, ſagt der Berichterſtatter von Billings Reiſe, mit Ausnahme von zwei oder drei kleinen felſigen Hügeln, beſteht aus einem Gemenge von Eis und Sand und wenn durch anhaltendes Thauwetter ein Theil der Ufer zuſammenſtürzt, ſo findet man unter dem Schutt eine Menge von Mammuthknochen." *) In Sarytſchew's Reiſe in das nordöſtliche Sibirien, iſt, nach Cuvier, von einem foſſilen Elephanten die Rede, welcher am Ufer des Alaſeia, eines Fluſſes, welcher jenſeits der Indigirka in die Nordſee mündet, gefunden wurde. Er war durch den Fluß vom Ufer abgelöst worden, ſtand aufrecht, war faſt ganz erhalten und von ſeiner Haut überdeckt, an welchen noch an mehreren Stellen lange Haare hafteten. Das merkwürdigſte dieſer foſſilen Thiere iſt aber der berühmte, von Adams an den Ufern der Lena entdeckte Elephant, welcher ſo gut erhalten war, daß Hunde mit ſeinem Fleiſche genährt wurden. **)

*) Cuvier, Ossemens fossiles. l. c. p. 151.

**) Die Geſchichte dieſes intereſſanten Foſſils findet ſich beinahe in allen geologiſchen Handbüchern. Da ſie uns aber ganz beſonders intereſſirt, ſo will hier ich einen kleinen Auszug davon aus Cuvier geben.

„Im Jahre 1799 bemerkte ein Tunguſer Fiſcher am Ufer des Eismeeres, nahe bei der Mündung der Lena, eine ungeſtaltene Maſſe mitten im Eiſe. Er erkannte nicht was es war. Gegen Ende des folgenden Sommers war die eine Seite des Thieres und einer von den Zähnen

Digitized by Google

Dieſe Thatſachen führten Cuvier zu folgenden Schlüſſen, die ich um ſo lieber mit den eigenen Worten des

---

von Eis entblößt. Erſt im fünften Jahr nachher, da die Eismaſſen ſchneller als ſonſt weggeſchmolzen waren, kam dieſe ungeheure Maſſe ganz zum Vorſchein. Der Fiſcher nahm im März 1804 die Zähne weg, welche er für 50 Rubel verkaufte. Bei dieſer Gelegenheit ward eine grobe Zeichnung von dem Thiere gemacht, welche mehrfach copirt wurde. Zwei Jahre darauf, ſieben Jahre nach der Entdeckung, wurde Adams, damals Adjunct der Petersburger Akademie und Begleiter des Grafen Golovkin, welcher als ruſſiſcher Geſandte nach China geſchickt worden war, von der Begebenheit unterrichtet; er begab ſich ſogleich an Ort und Stelle, und fand das Thier ſchon ſehr beſchädigt. Die Jakuten aus der Nachbarſchaft hatten das Fleiſch weggenommen und ihre Hunde damit gefüttert. Wilde Thiere hatten auch davon verzehrt. Indeſſen war das Gerippe mit Ausnahme eines Vorderfußes unverſehrt erhalten. Die Wirbelſäule, ein Schulterblatt, das Becken und Theile von den drei Füßen hafteten noch durch Bänder an der Haut. Das fehlende Schulterblatt fand man in einiger Entfernung. Der Kopf war mit einer trocknen Haut überzogen. Eins von den Ohren war mit einem Büſchel Haare bedeckt; man erkannte ſelbſt den Augapfel. Das Hirn lag in dem Schädel, war aber ausgetrocknet; die Unterlippe war zernagt; die Oberlippe war verſchwunden, ſo daß die Kiefer deutlich ſichtbar waren. Am Hals hingen lange Mähnen herab. Die Haut war mit ſchwarzen Haaren und einer röthlichen Wolle überzogen; was von der Haut übrig geblieben, war ſo ſchwer, daß zehn Mann es kaum tragen konnten. Man fand auch,

größten Naturforſchers unſerer Zeiten wiedergebe, als ſie ganz den Anſichten entſprechen, zu welchen mich die Unterſuchung der Gletſcherverhältniſſe geführt hat.

„Es iſt ſomit ſehr wahrſcheinlich, daß die Elephanten, von welchen dieſe foſſilen Knochen ſtammen, das Land bewohnten, wo man jetzt ihre Ueberbleibſel findet.“

„Sie können nur durch eine Revolution, welche alle damals lebenden Individuen zu Grunde richtete, oder durch eine Veränderung des Klima, welche ihre Fortpflanzung hinderte, von der Erde vertilgt worden ſein.“

„Welche Urſache ſie auch vernichtete, es muß eine plötzliche geweſen ſein.“

„Die trefflich erhaltenen Knochen und Elfenbeine der ſibiriſchen Ebene verdanken ihre Erhaltung der Kälte, wodurch ſie vor der Einwirkung der Elemente geſchützt wurden. Wäre dieſe Kälte langſam und allmählich eingetreten, ſo hätten dieſe Knochen und noch mehr die wei-

---

nach Adams Ausſage, mehr als 30 Pfund Wolle und Haare, welche die Eisbären in den Boden vergraben hatten, als ſie das Fleiſch verzehrten. Das Thier war männlichen Geſchlechts. Seine Zähne waren über 9 Fuß lang, die Biegungen eingerechnet; der Kopf ohne Zähne wog über 400 Pfund. Adams verwandte die größte Sorgfalt darauf, alle Ueberreſte dieſes wunderbaren Zeugen einer früheren Schöpfung zuſammenzutragen; ſpäter kaufte er die Zähne in Jakutsk. Der Kaiſer von Rußland, welcher dieſes koſtbare Stück für 8000 Rubel ankaufte, hat es in der Petersburger Akademie aufſtellen laſſen. — Cuvier, Recherches sur les Ossemens fossiles. Bd. 1. p. 146.

chen Theile, von welchen man ſie umgeben findet, Zeit gehabt, ſich zu zerſetzen und zu faulen, wie die, welche man in den gemäßigten und heißen Zonen findet."

„Ein ganzer Leichnam, wie der, welchen Adams entdeckt hat, wäre nicht mit Fell und Fleiſch ohne Verderbniß erhalten worden, wenn er nicht unmittelbar von Eis, welches ſeine Zerſetzung hinderte, eingehüllt worden wäre."

„Demnach fallen alle Hypotheſen einer allmählichen Erkältung der Erde, einer durch ihre Neigung oder veränderte Axenſtellung bedingten langſamen Veränderung der Erdtemperatur, von ſelbſt dahin."

Der Kapitän Kotzebue erzählt eine ähnliche Beobachtung, welche er in der Eſchſcholtz-Bay zu machen Gelegenheit fand, mit folgenden Worten: *)

„Wir ſahen hier die reinſten Eismaſſen von 100 Fuß Höhe, welche unter einer Decke von Moos und Grand beſtehen, und nur durch eine furchtbare Revolution hervorgebracht ſein konnten. Die Stelle, welche durch irgend einen Zufall eingeſtürzt, jetzt der Sonne und der Luft Preis gegeben iſt, ſchmilzt und es fließt viel Waſſer ins Meer."

„Ein unbeſtreitbarer Beweis, daß es Ureis war, was wir ſahen, ſind die vielen Mammuthknochen und Zähne, die durch das Schmelzen zum Vorſchein kamen und worunter ich ſelbſt einen ſehr ſchönen Zahn fand. Ueber den

*) Entdeckungsreiſe in der Südſee und nach der Behringsſtraße von Otto von Kotzebue. Weimar 1821.

Digitized by Google

Grund eines ſtarken Geruches, welcher uns in dieſer Gegend auffiel, konnten wir keine Aufklärung finden. (Faulende Thierſtoffe?) Die Decke dieſer Berge, auf welcher bis zu einer gewiſſen Höhe das üppigſte Gras wächſt, iſt nur ½ Fuß dick, und beſteht aus einer Miſchung von Lehm, Sand und Erde."

In einem Anhange zur Reiſe des Kapitän **Beechey** beſtätigt **Buckland** durch weitere Thatſachen die angeführten Erzählungen. Doch bemerkten die Offiziere dieſer Expedition, daß die Lagerungsſtätte der foſſilen Knochen in der Eſchſcholtz-Bay eher eine gefrorne Sandſchicht, als reines Eis ſei.

Im Allgemeinen ſteht das Studium der Geſchiebe, in der Schweiz wenigſtens, in der engſten Verbindung mit den Gletſchern. Dieſe Gebilde mit ihren zahlreichen Knochen, welche einer der unſrigen vorgegangenen Schöpfung angehören, liegen der Molaſſe und ihren Aequivalenten auf; von ſehr verſchiedener Natur, haben ſie doch alle einen gemeinſchaftlichen Charakter: ſie zeichnen ſich nämlich durch eine ſehr unregelmäßige Schichtung aus, welche von Neuem durchwühlt, und untereinander geworfen ſcheint, und die großen Säugethierknochen, welche ſie einſchließen, ſind ſelten abgerundet. Man trifft dieſe Geſchiebe fleckenweiſe in den Niederungen auf der ganzen Fläche Europas und im Norden Amerikas, beſonders

*) On the occurence of the Remains of Elephants and other quadrupeds, in the cliffs of frozen mud, in Eschscholtz Bay etc. by the Revd. Buckland. 4.

aber in den Thälern welche durch Auswaſchungen entſtanden zu ſein ſcheinen, wie in denen des Rheins, der Durance, des Arno, Po u. ſ. w. Vor der Erhebung der Alpenkette abgelagert, ſcheinen ſie ihr heutiges verwirrt geſchichtetes Anſehen entweder der unmittelbaren Einwirkung der Gletſcher, oder den unter ihnen durchfließenden Gewäſſern zu verdanken. Jedenfalls dürfen ſie nicht mit dem Geröllbett der Fündlingsblöcke verwechſelt werden, obgleich ſie oft die Materialien zu demſelben geliefert zu haben ſcheinen. *)

Wenn nun durch die vergleichende Unterſuchung der Foſſile und durch die Kenntniß, welche wir von der eiſigen Lagerungsſtätte der großen Säugethiere im Norden beſitzen, als erwieſen betrachtet werden kann, daß jene vereisten Diluvialterrains des Nordens identiſch ſind mit den Geröllſchichten, worin die Knochen des Elephas primigenius im Mitten Europas angetroffen werden; wenn man ferner nicht zweifeln kann, daß die Kataſtrophe, welche dieſe Thiere tödtete, ſie mit einem Schlage überfiel und daß dieſe Vernichtung von einer plötzlichen Temperaturerniedrigung begleitet war, ſo ſcheint mir dadurch auch erwieſen, daß die Thiere, deren Knochen in dem Di-

*) Bei Betrachtung der Aehnlichkeiten, welche das Geröllbett eines Gletſchers mit dieſen diluvianiſchen Formationen darbietet, möchte man verſucht ſein, die Bildung der letzteren ebenfalls einer Eisepoche zuzuſchreiben, welche aber derjenigen, welche wir jetzt ins Auge faſſen, vorangegangen, und vielleicht mit der Erhebung des älteren Montblanc gleichzeitig geweſen wäre.

Digitized by Google

luvium unſerer Gegenden gefunden werden, durch dieſelbe Urſache, die Kälte nämlich, getödtet und im Eiſe begraben wurden.

Da nun durch Elie de Beaumonts ſchöne Unterſuchungen erwieſen ſteht, daß das Diluvium mit Elephantenknochen der Umgegend von Lyon, welches mit dem Diluvium des nördlichen Europas identiſch iſt, vor den öſtlichen Alpen abgelagert und bei deren Erhebung mit gehoben wurde, und da das von Kotzebue ſogenannte Ureis mit ſeinen Knochen derſelben gleichzeitigen Formation angehört, ſo folgt aus allen dieſen Thatſachen, daß zu jener Zeit Europa von einer ungeheuren Eiskruſte bedeckt war, welche die völlige Zerſtreuung des Diluviums und die Erfüllung der Becken verhinderte, welche damals ſchon beſtanden oder durch die Hebung der Alpenkette erſt erzeugt wurden. So weit man Fündlingsblöcke antrifft, ſo weit mußte ſich dieſe Eiskruſte erſtrecken und auf dieſe Weiſe werden auch dieſe Blöcke ein neuer Beweis für die von dem geiſtreichſten Geologen Frankreichs ſo glänzend erwieſene Thatſache, daß die Alpen die jüngſte Gebirgskette Europas ſind; denn jene aus ihnen herſtammenden Trümmer liegen überall über, nicht unter den Schichten des Diluviums.

Eine Zeit eiſiger Ruhe ging demnach jener furchtbaren Umwälzung voraus, welche die Alpen aus dem Schoße der Erde hervorbrechen ließ. Wo früher Heerden plumper Elephanten die üppigen Wälder eines tropiſchen Klimas durchſtreiften, ungeſtalte Flußpferde in den ſchlammigen Seen ſich ſuhlten, Rudel ſchnellfüßiger Hirſche vor

der Raubgier der vorweltlichen Löwen flohen; wo das Nashorn die von keines Menſchen Hand gepflanzten Fluren niederſtampfte und Hyänen die Leichen der Büffel und Rennthiere in ihre finſtern Höhlen ſchleppten, um an faulendem Aaſe den gierigen Zahn zu weiden, da war die Ruhe des Todes eingetreten. Vernichtet war, was da lebte; erſtickt durch die Eismaſſen die harmloſen Nager in ihren unterirdiſchen Höhlen; ſelbſt der flüchtigen Fledermaus boten die Flügel keine Hoffnung des Entrinnens; ein kaltes Grab deckte ihre erſtarrten Leiber. Kein Rauſchen der Ströme, kein Säuſeln der Blätter, kein Geſchrei verfolgter Thiere mehr; — eine derbe Eismaſſe barg alle Töne unter ihrer vernichtenden Decke und nur die kalten Winde des Nordens ſchnoben über ihre Fläche und entführten in Wolken den feinen Staubſchnee, welcher ſich dort aufhäufte. Nicht mehr tauchte die Sonne ihr glänzendes Angeſicht in die reinen Wellen des fluthenden Oceans, nicht mehr weckte ihr Anblick des Morgens die Bewohner der Wälder; eine öde Fläche nur warf ihre Strahlen zurück, und kein Laut begrüßte ſie, als der Donner der Spalten, welche ſich unter ihrem erwärmenden Einfluſſe öffneten. Der Tod war eingekehrt mit ſeinen Schrecken in einer mächtigen Schöpfung, er hatte ſie vernichtet mit einem Schlage ſeiner gewaltigen Hand, um ein neues Geſchlecht erſtehen zu laſſen, damit das Werk gekrönt werde durch die Erſchaffung des Geſchöpfes, welches allein fähig ſein ſollte, ſelbſt dasjenige zu erſchließen, was die Nacht der Vergangenheit den andern für ewig verhüllte.

Allein auch dieſer Zuſtand hatte ſein Ende. Das Innere der Erde fing an zu kochen unter ſeiner eiſigen Decke, noch einmal erhoben ſich die heißflüſſigen Maſſen mit ungeheurer Gewalt, und unter der Eiskruſte hervor brach die Kette unſerer Centralalpen.

Dieſe Eiskruſte, welche, mit Ausnahme einiger höherer Bergſpitzen, die ganze Fläche Europa's bedeckte, ward ſelbſt, wie jede andere Geſteinsformation, mit in die Höhe gehoben; die Trümmer, welche auf ihre Oberfläche fielen, wurden von den ſie überragenden Spitzen des Montblanc, der älter als die öſtliche Alpenkette iſt, und von den gerade ſich erhebenden Kämmen der Alpen ſelbſt losgeriſſen und bewegten ſich auf der Oberfläche der Eismaſſe, welche die Schweizer-Ebene zwiſchen dem Jura und der neu entſtandenen Kette erfüllte, gegen erſteren hin, wie auf jedem anderen Gletſcher. Und da die Erſcheinung der Alpen die klimatologiſchen Verhältniſſe der Schweiz plötzlich änderte, ſo gab es nun, durch Jahres- und Witterungswechſel bedingt, häufige Oscillationen und Schwankungen in der Ausdehnung jener die Schweiz bedeckenden Eiskruſte. Vor allen Dingen erhielt die Eismaſſe einen, der allgemeinen Bodenneigung zwiſchen den Alpen und dem Jura entſprechenden Fall; ihre Oberfläche, die wahrſcheinlich vorher Firn war, verwandelte ſich durch den Wechſel des Aufthauens und Gefrierens in Eis; ihr Niveau nahm allmählich ab, und zu gleicher Zeit fing der Rückzug an; die auf der Oberfläche fortbewegten Blöcke ſetzten ſich nach und nach längs des Jura in im-

mer abnehmenden Höhen ab, bis endlich der Boden der Schweizer-Ebene aufgedeckt war und eine neue, den Bodenverhältniſſen entſprechende Schöpfung zu leben begann.

Wenn indeß einerſeits aus der Gleichzeitigkeit der diluviſchen Bildungen und des Ureiſes des Nordens hervorgeht, daß die Eiskruſte vor der Hebung der Alpen beſtand, ſo beweist anderntheils die Stellung und der Zuſammenhang der Moränen in den großen Alpenthälern, welche höchſtens durch Bergbäche durchbrochen oder verſchoben ſind, daß dieſe Moränen auf den Alpen, wie ſie jetzt beſtehen, gebildet wurden, und daß letztere während des Rückzuges der Eismaſſen, welcher äußerſt langſam und allmählich, eine geraume Zeit dauern mußte, keine Veränderung mehr erlitten haben können. Offenbar aber ſind die Fündlingsblöcke Trümmer der durch die Hebung der Alpen entſtandenen Spaltungen, gehören demnach einer früheren Bildungszeit als die Moränen, und einer ſpätern, als die Eiskruſte an. Während ſie gegen den Jura geſchafft wurden, mußten unſere Seen, welche jetzt beſtehen, entweder vor ihnen geſchützt, oder noch nicht vorhanden ſein. Allein ſchon oben wurde erwähnt, daß die alten Moränen welche man längs der Seeufer, wie neben einem alten Gletſcher, angehäuft findet, ihre damalige Exiſtenz beweiſen und es ſcheint mir demnach erwieſen, daß unſere Seen durch die Erhebung der Alpen bedingt wurden.

Man wird die mannichfaltigſten Einwendungen gegen dieſe Theorie zu machen verſuchen, und ich werde deßhalb im Voraus diejenigen bekämpfen, welche mir bis jetzt,

theils direkter, theils indirekter Weiſe zugekommen ſind. Man hat geſagt, die Bodenneigung zwiſchen den Alpen und dem Jura ſei zu gering, um einer ſolchen Eismaſſe eine ähnliche Bewegung, wie die eines Gletſchers, mittheilen zu können. Ohne fragen zu wollen, ob der Fall des Bodens ſtärker wird, wenn man einen Waſſerſtrom annimmt, bemerke ich nur, daß der Unteraargletſcher auf eine Länge von 5 Stunden (von dem Uebergange des Firns in Eis, bis zu ſeinem Ende), nur etwa 3000 Fuß Fall hat. Nimmt man nun die Höhe des jetzigen Firnmeeres der Berner-Alpen, bis zu welcher die alten Felsſchliffe in den Hochthälern ſich mehrfach erheben, zu 10,000 Fuß, die Höhe der Schliffe am Ufer des Bielerſees, zu 3000 Fuß an, ſo ergibt ſich auf eine Linie von 20 Stunden Länge (denn ſo weit mag es in gerader Richtung von dort zum Bielerſee ſein), ein Fall von 7000 F. mithin nicht ganz um die Hälfte geringer, als der des Unteraargletſchers, welcher einen noch weit bedeutenderen Fall, als manche andere Gletſcher beſitzt, und ſelbſt in ſeinem Verlaufe Stellen hat, welche noch weniger Bodenneigung beſitzen, als die, welche unſerer Eisdecke zugeſchrieben werden muß. War aber, während des Rückzuges, der untere Rand des Gletſchers, welcher den Bieler Jura polirte, bis zur Fläche des Sees hinabgeſunken, ſo tritt er, wie man leicht ſieht, ganz in das Verhältniß der gewöhnlichen Gletſcher unſerer Alpen. *)

*) Der Fall des großen Aletſchgletſchers beträgt nach Elie de Beaumonts Meſſungen 2° 58′; der des Eismeeres

Mouſſons Einwendung *), daß die Bewegung einer ſolchen Maſſe in einer beſtimmten Richtung unmöglich ſei, weil ſich das Eis nach allen Richtungen hin ausdehne, fällt von ſelbſt dahin, ſo bald es bewieſen iſt, daß die damaligen Gletſcher ſich ebenſo verhielten wie die heutigen, die doch auch, trotz der allſeitigen Ausdehnung des Eiſes nur einſeitig ſich fortbewegen. Die Bemerkung des nämlichen Gelehrten, die Ernährung eines ſo ungeheuren Gletſcherarmes durch ein verhältnißmäßig ſo kleines Firnmeer wie das der Alpen ſei undenkbar, dient aber vielmehr zum Beweis, als zum Umſtoß meiner Anſicht, denn gerade weil das Firnmeer der Alpen nicht mehr zu der Ernährung dieſer Gletſcher hinreichte, zogen ſie ſich allmählich in die ihnen durch die jetzigen klimatiſchen Verhältniſſe bedingten Gränzen zurück, wo Ernährung und Verzehrung einander ziemlich das Gleichgewicht halten. Die Eiskruſte, welche vor der Erhebung der Alpen beſtand, brauchte aber zu ihrer Ernährung kein Firnmeer, da ſie wahrſcheinlich, wie die Gletſcher der Polarmeeee, ſelber eins war.

Nach meiner Theorie erklärt ſich die Vertheilung der Blöcke in Zonenhöhen, welche den verſchiedenen geologiſchen Horizonten und Höhen, an welchen die Alpengeſteine

von Chamouni, da wo der Tacul- und Léchaudgletſcher zuſammenſtoßen 3° 15′; der der Paſterz in ihrem gleichförmigſten Theil 3° 20′. — Dufrénoy et Elie de Beaumont Mémoires. Bd. 4. S. 215.

*) Geologie von Baden. S. 90.

anſtehen, entſprechen, ohne weitere Schwierigkeit; die aus tieferen Horizonten konnten erſt dann von dem Eis fortgeſchafft werden, als dieſes bis zu ihrer Höhe geſunken war, und da zu dieſer Epoche das Eis an dem Jura ebenfalls ſchon ſich geſenkt haben mußte, ſo konnten die Blöcke nur in den niederen Zonen oder am Fuße dieſer Kette anlangen.

Wenn ferner zur Unterſtützung der Stromtheorie von v. Buch und Mouſſon angeführt wird, die aus dem Glarner Lande ſtammenden Blöcke des Limmatzuges mengten ſich bei Geroldswyl mit den aus den kleinen Kantonen kommenden Blöcken der Reuß, ſo erklärt ſich dies ebenſo gut durch eine zwiſchen den beiden Gletſchern dieſer Thäler beſtandene gemengte Mittelmoräne, welche ſich mehr oder minder ausbreitete, als durch den Zuſammenfluß zweier Ströme.

So lange dieſe große Eiskruſte beſtand, bedeckte ſie ſich, wie heut zu Tage unſere Firnkuppen, mit jährlichen Schneemaſſen; als aber der Rückzug begann, ſo mußten je nach den orographiſchen Verhältniſſen, die höchſten Spitzen Mittelpunkte der Rückzugsbewegung werden, und ſo wurden die ſchweizeriſchen Alpen der Mittelpunkt, gegen welchen hin ſich die Eiskruſte der Schweiz und Ober-Italiens zurückzog, und von welchem aus die juraſſiſchen Fündlingsblöcke ihren Weg nahmen, während die ſchwediſchen Alpenketten der Mittelpunkt waren für jene ungeheuren Mengen erratiſcher Blöcke, welche in England, Deutſchland, Polen und Rußland zerſtreut ſind, und von

welchen Puſch *) ſo intereſſante allgemeine Ueberſichten geliefert hat.

Auf der andern Erdhälfte wiederholte ſich dieſelbe Erſcheinung in den Felsſchliffen und Fündlingsblöcken der nordamerikaniſchen Gebirgsketten. **)

Aehnliche Mittelpunkte der Bewegung wie in den Alpen, bildeten ſich auch in andern Bergketten, die heut zu Tage ganz von Gletſchern entblöst ſind; es ergibt ſich dies aus den Unterſuchungen der Herren Renoir und Hogard über die polirten Felſen und die Moränen der Vogeſen, und aus meinen eigenen Beobachtungen über die Dent de Vaulion im Jura, welche einſtens ihren eigenen von juraſſiſchen Blöcken begränzen Gletſcher hatte, zu einer Zeit wo, aller Wahrſcheinlichkeit nach, die alpiniſchen Eismaſſen nicht mehr die hohen Kämme des Jura erreichten.

Die erratiſchen Blöcke, deren Anordnung eine ganz eigenthümliche iſt, können alſo ſchon darum keine Moränen ſein, weil ſich ſolche nur dann hätten bilden können, als die Eismaſſen ſich in engere Thäler zurückgezogen hatten.

Während ſich die Eismaſſen von der Schweizer-Ebene zurückzogen, entſtanden natürlich durch die Schmelzung große Strömungen, welche bedeutende Auswaſchungen zur Folge hatten. Es iſt hier nicht der Ort, die Spuren

*) Geognoſtiſche Beſchreibung von Polen. Bd. 2. S. 570.

**) On the polished limestone of Rochester by Prof. Chester Dewey. American Journal. Bd. 37. S. 241.

dieſer Strömungen in der großen Schweizer-Ebene zwiſchen dem Jura und den Alpen ins Einzelne zu verfolgen. Immerhin aber muß die Geſtalt der vielfachen abgerundeten Kuppen und Vertiefungen in gehörigen Betracht gezogen werden, wenn es ſich darum handelt, die Urſachen der auf der Oberfläche unſerer Tertiärgebilde ſtattgehabten Niveau-Veränderungen zu erforſchen.

Mouſſon, welcher ſich beſonders mit dem Phänomen der Auswaſchung beſchäftigt hat, erkennt darin drei verſchiedene Perioden; eine erſte, welche der Nivellirung der Molaſſe entſpreche; eine zweite, in welcher die hauptſächlichſten Thäler ausgewaſchen worden ſeien; und eine dritte in welcher der Transport der erratiſchen Blöcke ſtattgehabt. Es geht aber aus dem früher Geſagten hervor, daß die Dinge in ganz entgegengeſetzter Ordnung ſich zugetragen haben. Die auf der großen Eisfläche fortgeführten erratiſchen Blöcke waren bereits an Ort und Stelle angelangt, als das Eis unten im Thale immer noch den Boden durchfurchte und Auswaſchungen verurſachte, welche ſich nach dem gänzlichen Verſchwinden des Eiſes als Thäler oder als Vertiefungen auf einem ſonſt gleichmäßigen Boden erhalten haben. Die größte Auswaſchung längs des Jura, in der Molaſſe, ſcheint mir von großen Eisſtrömungen herzurühren, die etwa ſtattgefunden haben mögen, als das Eis, welches große Vertiefungen, wie z. B. die Schweizer-Seen, ausfüllte, ſich auf einmal aufſtauchte. Eisblöcke mögen dabei in große Entfernungen fortgeführt worden ſein, wie dieß heut zu Tage noch im Norden geſchieht; und das Nichtvorhandenſein einer Sand- und Ge-

röllſchicht unter den Blöcken, bis zu einer Höhe von 300 F. über dem See, macht es wahrſcheinlich, daß die Strömung bis zu dieſem Niveau geſtiegen iſt, und die genannte Schicht weggeſchwemmt hat, denn in einer Höhe von 500 bis 600 Fuß iſt dieſelbe faſt immer vorhanden. Es geht ferner daraus hervor, daß ſich kein wichtiges geologiſches Ereigniß ſeit dem Verſchwinden der Eismaſſen zugetragen hat, denn ſonſt wäre dieſe Sand- und Geröllſchicht nicht mehr vorhanden, die Schliffflächen hätten ſich nicht ſo unverſehrt und im Zuſammenhang mit allen übrigen Gletſcherphänomenen auf ſo weiter Strecke erhalten, und die Oberfläche müßte Spuren von den ſpäteren Umwälzungen an ſich tragen.

Die deutlichſten Spuren von Strömungen erkennen wir in den in der Schweizer-Ebene und den unteren Alpenthälern gelegenen Anhäufungen von ungeſchichtetem Geröll- und Gletſcherſchutt, welcher von der Schmelzung jener großen Eismaſſen herrührt; das Aarthal bietet uns ſehr lehrreiche Beiſpiele hiervon. Denſelben Strömungen iſt wohl noch zum Theil die Umgeſtaltung der Diluvialgebilde und die Zerſtreuung der foſſilen Knochen, welche ſie einſchloſſen, zuzuſchreiben; zum Theil mag ſie aber auch von der Bewegung der Eismaſſen ſelbſt herrühren. Der Löſſ des Rheinthals endlich, welcher nichts als eine Anhäufung von fein zerriebener Molaſſa iſt, ſcheint mir das letzte Produkt der Eisſtrömungen zu ſein; die Ablagerung deſſelben kann erſt nach dem Transport des gröberen Gerölls, als ſchon die Strömung ſich gemäßigt hatte, ſtattgefunden haben.

Bevor wir die Entſtehung jener großen Eisdecke zu erklären verſuchen, bleiben uns noch einige Betrachtungen anzuſtellen über das Verhältniß derſelben zu den geologiſchen Phänomenen überhaupt. Dabei werden wir bisweilen ganz aus dem Bereich der Thatſachen treten, weßhalb ich auch dieſem Theil meiner Unterſuchungen weit weniger Werth beilege, als den in den vorhergehenden Kapiteln behandelten Gegenſtänden. Indeß für denjenigen, der ſich nicht begnügen will, die Phänomenen der Natur einzeln und abgeſchloſſen zu erforſchen, immerhin iſt es Bedürfniß ein mehr oder minder direktes Band zwiſchen denſelben aufzuſuchen. Das Studium der Gletſcher von dieſem Geſichtspunkt aus betrachtet, muß uns daher veranlaſſen, deren Geſammtverhältniſſe in irgend eine Beziehung zu der Geſchichte unſeres Erdkörpers zu bringen, und wenn dieß bis jetzt hinſichtlich der Gletſcher noch nicht geſchehen, ſo liegt nur darin der Grund, daß man in denſelben nichts weiter als Eismaſſen, den höchſten Alpenkuppen und Thälern aufgelagert, geſehen hat.

Wenn man unſere Seen betrachtet, ſo könnte man ſich wundern, daß die Menge von Sand, Geröll und Schlamm, welche immerwährend und beſonders bei dem Wechſel der Jahreszeiten und nach jedem ſtarken Regenguß hineingeſchwemmt wird, dieſelben noch nicht ausgefüllt hat, und daß dieſe Anſchwemmung im Grunde ſo gering iſt. Fragt man aber warum die ungeheuern Maſſen von grobem Geröll und rieſenhaften Blöcken, welche in der Ebene zwiſchen den Alpen und dem Jura, am Fuße des letzteren Gebirgs und auf deſſen Abhang überall zerſtreut liegen,

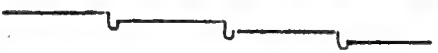
dieſelben nicht ausgefüllt haben, warum ihre Ufer noch deutliche Spuren von Reibung und Polirung zeigen, ſo muß man geſtehen, daß es hierzu keine andere Erklärung gibt, als die Annahme großer Eismaſſen, welche einſtens dieſe Seen erfüllt, gerade ſo wie wir aus den Auswaſchungen an andern Orten auf Einwirkung von Waſſermaſſen ſchließen.

So wichtig indeſſen ſolche Einwirkungen ſind, ſo hat doch die Erde in früheren Epochen weit bedeutendere Veränderungen erlitten, welche ihre ganze Oberfläche ergriffen und die auf ihr lebenden Organismen erneuert hat. Man hätte aber Unrecht, wollte man ſolche Veränderungen lediglich als unglückliche zerſtörende Zufälle betrachten; ſie ſind zugleich Momente der Erneuerung in jener Reihe von Metamorphoſen, welche die Erde erlitten, und von denen jede als eine Vervollkommnung des früheren und als eine Annäherung zur jetzt beſtehenden Ordnung der Dinge erſcheint. Die Oberfläche unſrer Erde iſt nicht allein die Bühne, auf welcher die Tauſende von Weſen, welche ſie von je her bewohnt haben, nach einander ihre Rolle geſpielt haben. Es herrſchen nähere Beziehungen zwiſchen ihr und den auf ihr lebenden organiſchen Weſen; man kann ſogar nachweiſen, daß die Erde ſich in Abſicht auf ſie entwickelt hat. Davon haben mich meine ſämmtlichen paleontalogiſchen Unterſuchungen überzeugt, deren Reſultate ich in anderen Werken mittheilen werde.

Dieſe Betrachtungen führen uns natürlich zur Unterſuchung des primitiven Zuſtandes unſeres Planeten, und der Umwälzungen, die auf ihm ſich ereignet haben. Die

Wiſſenſchaft beſitzt hinlängliche Thatſachen, welche vorausſetzen laſſen, daß die Erde ſich anfangs in einem feuerflüſſigen Zuſtande befunden hat; daß aber ſpäter, nachdem ſie ſich wieder erkältet hatte, ein flüſſiger Ocean und eine Atmosphäre ſich um ihre Oberfläche gelagert haben. Von der Zeit an bildeten ſich geſchichtete Ablagerungen. Lebende Weſen bevölkerten die Gewäſſer und das feſte Land. Von Zeit zu Zeit aber brachen die feurigen Maſſen aus dem Innern der Erde hervor, wodurch ihre Oberfläche umgeſtaltet und der Haushalt der organiſchen Natur unterbrochen wurde. Die Unterſuchungen Elie de Beaumont's haben uns in der That gelehrt, daß dieſe Umwälzungen mit der biologiſchen Geſchichte der Erde innig verkettet ſind, indem ſämmtliche geologiſche Epochen durch Erhebungsphänomene, wobei jedesmal alle lebende Weſen vernichtet wurden, von einander getrennt ſind. Indeß waren meines Erachtens dieſe Erhebungen nicht die unmittelbaren Urſachen des Untergangs der jedesmaligen Schöpfungen, welche nach einander die Erdoberfläche bewohnt haben. Wir haben oben geſehen, daß wenigſtens die letzte derſelben, diejenige welche der Erſchaffung des Menſchengeſchlechts unmittelbar vorausging, im Eiſe eingehüllt wurde, ehe die Centralkette der Alpen ſich erhob, und daß der Froſt, welcher dieſe Eisanhäufung veranlaßte, plötzlich eingetreten ſein muß, ſonſt hätten ſich die Leichen der Elephanten von Sibirien unmöglich ſo gut darin erhalten können. Man hat mir oft entgegnet, die Annahme eines ſolchen Froſtes, welcher die ganze Erde bis in großer Entfernung von den Polen mit einer ſolchen Eisdecke

überzogen hätte, ſei im Widerſtreit mit den ſo gut begründeten Thatſachen, welche eine fortwährende Abnahme der Temperatur ſeit den älteſten Zeiten bis in die Gegenwart darthun. Allein nichts ſpricht dafür, daß dieſe Temperaturabnahme fortwährend eine allmählige geweſen ſei. Im Gegentheil, wer die Natur von einem phyſiologiſchen Geſichtspunkte aus zu betrachten gewöhnt iſt, wird eher geneigt ſein, anzunehmen, die Temperatur der Erde habe ſich auf einem gewiſſen Grad während der ganzen Dauer einer geologiſchen Epoche erhalten, ſei dann plötzlich am Ende einer jeden Epoche bedeutend geſunken, und habe dadurch den Untergang aller organiſchen Weſen bereitet; ſie habe dann wieder zu Anfang der folgenden Periode zugenommen, wenn gleich zu einem geringern Grade, als in der vorhergehenden Periode, ſo daß man die Abnahme der Erdwärme durch folgende Linie ausdrücken könnte:



Das Phänomen der Temperaturabnahme zu Ende einer jeden geologiſchen Periode, könnte demnach gewiſſermaßen als analog der Erſtarrung, welche bei dem Tod der Individuen eintritt, und die Temperaturerhöhung als parallel der Entwickelung einer eigenthümlichen Wärme in den ſich bildenden Weſen angeſehen werden.

Von dieſem Geſichtspunkte aus betrachtet, erſcheinen uns jene ungeheuren Eisdecken, deren Spuren wir nachgewieſen haben, nur als ein untergeordnetes Phänomen der Erkältung der Erde, und ihre Mächtigkeit als abhängig

von dem Kältegrade, der eingetreten iſt. Sie ſind nur ein Moment in jener Reihe von Oscillationen, wodurch die Erde vom feuerflüſſigen Zuſtand zu ihrer gegenwärtigen Temperatur gelangt iſt.

Ich nehme daher an, daß die Temperatur der Erde große Schwankungen erlitten habe, welche ſich mehrfach in der Erdgeſchichte wiederholt haben; daß die größte Kälte immer am Ende der geologiſchen Perioden eingetreten iſt; daß die Bildung jener großen Eisdecke, deren Ausdehnung wir theilweiſe durch die Fündlingsblöcke kennen, früher ſtatt fand als die Erhebung der Alpen und daß erſt nach dieſer Erhebung, als die Temperatur ſchon wieder geſtiegen war, die Eismaſſen in der Richtung der Bodenneigung von den Alpen zum Jura ſich zu bewegen angefangen, bis ſie ſich ſpäter innerhalb der Alpen zurückgezogen haben, wo ſie mehr oder weniger ihre heutige Geſtalt erlangt und Moränen ſich längs der ſie einſchließenden Thalwände abgelagert haben.

Was nun die Bildung dieſer großen Eisdecken betrifft, ſo könnte man ſie auf folgende Weiſe erklären. Als die Temperatur ſank, ſtrömte wahrſcheinlich aller Waſſerdunſt aus den Aequatorialgegenden nach den Polargegenden hin, wo er ſich unter der Form von Regen, Reif und Schnee niederſchlug. Dadurch entſtanden ungeheure Anhäufungen von Schnee und Eis, in denen die damaligen Thiere und Pflanzen eingehüllt wurden. Dieſe Eisdecke muß ſehr mächtig geweſen ſein; in der Schweiz wenigſtens war ſie gleich der Höhe, zu welcher die Fündlingsblöcke ſich über die Ebene erheben. Uebrigens welche Meinung man

auch über die Entſtehung dieſer ungeheuren Eismaſſen haben mag, ihr einſtiges Daſein wenigſtens läßt ſich nicht mehr in Zweifel ziehen.

Die Dauer dieſer Eiszeit muß ebenfalls ſehr bedeutend geweſen ſein, indem ſie die Erhebung der Alpen und jene ſämmtlichen Phänomenen, welche das allmählige Zurücktreten der Eismaſſen bezeugen, in ſich ſchließt.

Welche Einwendung man auch gegen dieſe Anſichten vorbringen mag, ſo glaube ich doch, daß in Folge der vielen und neuen Thatſachen, welche in dieſem Buche enthalten ſind, die Frage über die Bedeutung der Gletſcher, ihre Einwirkung auf den Boden, ihre Bewegung von nun an in einem ganz andern Lichte, als früher erſcheinen wird.

Erklärung der Tafeln.

Der Atlas zu dieſem Gletſcherwerke enthält 32 Tafeln, wovon 18 lithographirte und 14 Lineartafeln. Es ſind darin die Gletſcher der Schweizer-Alpen in ihrer mannichfaltigen Lage und Geſtalt mit den ſie begleitenden Phänomenen abgebildet. Zum genaueren Verſtändniß der beſonderen Verhältniſſe auf die es bei jeder Tafel ankommt, und ihrer Beziehungen zu den umgebenden Lokalitäten, habe ich den meiſten Ausſichten eine Linearzeichnung beigefügt, auf welcher die Hauptmerkmale des Gletſchers beſonders hervorgehoben und zugleich die Namen der benachbarten Hochkuppen aufgezeichnet ſind. Die vier letzten Ausſichten, welche eigenthümliche, die Einwirkung der Gletſcher auf den Boden betreffende Phänomene darſtellen, ſcheinen mir keiner beſonderen erklärenden Tafel zu bedürfen.

Tafel 1 und 2. — Panorama der Gletſcher des Monte-Roſa; öſtlicher Theil der Kette.

Dieſe zwei Tafeln ſtellen zuſammen einen Theil der großen Monte-Roſakette, mit ihren Gletſchern, wie man

Digitized by Google

ſie von der Höhe des Riffels oberhalb Zermatt, in dem St. Nikolas Thal ſieht, vor. Obgleich ich ſchon früher auf die Verhältniſſe dieſer merkwürdigen Bergkette und ihrer Gletſcher aufmerkſam gemacht habe, ſo halte ich es doch für nöthig, hier nochmals die Namen der einzelnen Kuppen und Gletſcher aufzuführen, indem ich für das Allgemeine auf das oben S. 25 Geſagte verweiſe.

Der erſte Gebirgsſtock auf Taf. 1 links, iſt das Gornerhorn, welches von Zumſtein, vom Leſa-Thale aus, mehrere Mal beſtiegen wurde. Sein Gipfel beſteht aus mehreren Spitzen. Die auf der Lineartafel mit b bezeichnete, welche v. Welden die Zumſteinſpitze nennt, iſt 14,060 F. hoch. Die Spitze a, welche nicht erſtiegen werden konnte, iſt die höchſte in der ganzen Kette; ſie iſt, nach Zumſtein, ungefähr 270 Fuß höher als die Spitze a. (Von Welden gibt ihre Höhe auf 14,226 F., nach dem Mittel der bisher angeſtellten Meſſungen.) Die Spitze c ſcheint mir der Vincentſpitze von Welden zu entſprechen. Links vom Gornerhorn iſt ein großes Eisplateau, das Weißthor genannt, welches zwei Gletſcher in das Zermattthal herabſendet, den Weißthorgletſcher und den kleinen Gornergletſcher. Der große Gornergletſcher ſteigt von der Höhe des Gornerhornes ſelbſt herab; im Thale angelangt wird er aber von den zwei eben genannten Gletſchern auf die Seite geſchoben und es entſteht auf dieſe Weiſe, am Fuße des großen Stockes, die erſte ſchiefe Gufferlinie.

Der zweite Hauptſtock auf Tafel 1 iſt der eigentliche Monte-Roſa, von v. Welden Signalkuppe genannt. Er iſt von dem Gornerhorn durch zwei Gletſcher getrennt, den kleinen und den großen Monte-Roſagletſcher, welche wieder durch eine Guffer, die kleine Guffer des Monte-Roſa von einander geſchieden ſind. Zwiſchen dieſer und der Gufferlinie des Gornerhornes bemerkt man eine zweite ſchiefe Guffer. Die entferntere, zwiſchen Gornerhorn und Monte-Roſa liegende, auf der Lineartafel mit einem * bezeichnete Kuppe dürfte wohl die Parrotſpitze v. Weldens ſein.

Der dritte Stock auf der Rechten von Tafel 1 iſt der Lyskamm. Von deſſen Höhe ſteigt ein großer Gletſcher herab, welchen ich Lyskammgletſcher nenne, und welcher nicht mit dem großen Lysgletſcher im Leſathale auf der italieniſchen Seite zu verwechſeln iſt. Rechts vom Lyskamm, auf Taf. 2, ſieht man das Breithorn, welches ſich allmählich gegen Weſten herabſenkt. Ein mächtiger, blendend weißer Gletſcher, der große Breithorngletſcher, ſteigt von ſeinem Gipfel zwiſchen zwei Felswänden herab; ebenſo weſtlich zwei andere weniger breite, der erſte kleine Breithorngletſcher und der zweite kleine Breithorngletſcher. Rechts vom Breithorn zeigt ſich eine weniger hohe, während des Sommers meiſt von Schnee entblößte Spitze, das kleine Matterhorn, von Sauſſure auch Braunhorn (corne brune) genannt; die Höhe dieſer Spitze iſt nach Sauſſure 2002 Toiſen. Ein kleiner Gletſcher, welchen ich Gletſcher des kleinen Matterhorns nenne, kommt von ſeiner Höhe her-

Digitized by Google

ab, verbindet ſich aber bald mit dem Fürkefluegletſcher, von dem er nur durch eine Guffer getrennt iſt. Die letzte Gebirgsmaſſe, rechts auf Tafel 2, iſt die Fürkeflue, hinter welcher der St. Theodulgletſcher ſich erſtreckt. Letzterer ſteht mit dem Fürkefluegletſcher durch einen Einſchnitt in den Grat genannt Auf-Platten in Verbindung. Der große ſchwarze Rand endlich, welcher rechts den Vordergrund von Tafel 2 einnimmt, iſt ein Theil des Riffelhornes, von deſſen Fuße aus das vorliegende Panorama aufgenommen iſt.

Tafel 3. Zermattgletſcher; oberer Theil, unterhalb des Riffels.

Dieſe Tafel ſtellt den Zermattgletſcher in ſeinem mittleren Lauf dar, da wo ſein Bett, nach Aufnahme der Breithorn-, Klein-Cervin- und Fürkefluegletſcher, ſich zwiſchen den beiden vorſpringenden Maſſen, Riffel und Auf-Platten einengt Sein Fall iſt hier ſchon bedeutend, weßhalb auch die Schründe breiter ſind als weiter oben; zugleich fangen ſchon die Moränen an zuſammenzufließen, wie dieſes auf der Linearzeichnung beſonders angedeutet iſt.

Tafel 4. Zermattgletſcher; mittlerer Theil.

Dieſe Ausſicht iſt am Fuße von Auf-Platten, auf dem linken Ufer des Gletſchers, dem Riffelhorn gerade gegenüber, aufgenommen. Der Fall des Gletſchers iſt ſehr ſtark an dieſer Stelle, und deßhalb ſind die Schründe ſehr zahlreich und breit. Die Moränen fließen

immer mehr zuſammen und bilden nur noch einige breite Streifen. Der Bergſtrom, welcher hier dem Gletſcher zufließt, kommt aus dem St. Theodulgletſcher, welcher hinter Auf-Platten mündet; die ganze Oberfläche von Auf-Platten iſt bis auf eine bedeutende Höhe polirt, ein Beweis, daß einſt der Gletſcher da aufgelegen hat.

Tafel 5. Zermattgletſcher. Letzte Umbiegung des unteren Theils, von der Seite geſehen.

Wir haben hier eines der merkwürdigſten Gletſcherphänomene vor Augen, nämlich die Art, wie ſich die Richtung der Spalten ändert, wenn der Gletſcher eine Biegung macht; die Spalten drehen ſich gewiſſermaßen und die Querſpalten werden auf der Seite des Rotationswinkels auf einmal zu Längsſpalten. Dieſe Anſicht iſt von Auf-Platten genommen, etwas tiefer als Taf. 4. Die einzelnen Moränen ſind nur noch an der beſondern Farbe ihres Geſteins kenntlich.

Tafel 6. Zermattgletſcher. Unteres Ende.

Man ſieht hier den Ausgang des Gletſchers mit dem Thor aus dem die Visp hervorſtrömt. In der Ferne erblickt man die Eisnadeln, welche aus dem ſteilſten Theil des Gletſchers hervorragen. In der Richtung dieſer Eisnadeln ſieht man ein zweites kleines Thor, aus dem ein kleiner Rieſel hervorquillt, der ſich aber bald wieder unter dem Gletſcher verliert. Die Felſen auf dem rechten Gletſcherufer ſind nackt, abgerundet und polirt. Die Mittelmoränen ſind von der Oberfläche des Gletſchers

beinahe gänzlich verſchwunden; nur hie und da ſind noch einige Fetzen davon ſichtbar. Die Seiten-Moränen dagegen ſind ſehr mächtig.

Tafel 7. Zermattgletſcher. Seitenausſicht des unteren Endes.

Der Gletſcher iſt hier ganz in der Nähe geſehen, um einen Begriff von dem unebenen Ausſehen des Eiſes zu geben, wenn es den atmoſphäriſchen Einflüſſen ausgeſetzt iſt. Die Schichtung iſt ebenfalls deutlich ſichtbar. Da an dieſer Stelle das Eis nicht mit dem Boden zuſammenhängt, ſo konnte ich darunter kriechen und ſah deutlich wie, in Folge der täglichen Ausdehnung des Eiſes, die Politur des Felſens durch die allmählige Bewegung des Gletſchers, bewirkt wird. Das Eis reibt wie eine Raspel auf den Felſen, und die kleinen im Eiſe eingebackenen Kieſel, bedingen die Streifen. Links ſieht man in der Ferne dieſelben Eisnadeln, welche ſchon auf Tafel 6 abgebildet ſind.

Tafel 8. Polirte Kuppen am Rande des Zermattgletſchers.

Wir haben hier ein ſchönes Beiſpiel von der abgerundeten bauchigen Geſtalt jener Kuppen, welche Sauſſure roches moutonnées nennt, und wir Rundhöcker genannt haben. Da dieſe Rundhöcker unmittelbar am Rand des Gletſchers gelegen ſind, ſo kann man nicht umhin ihre beſondere Form der Einwirkung des Eiſes zuzuſchreiben; ſie ſind überdieß gerade ſo polirt und geſtreift wie unter dem Eiſe ſelbſt. Dieſe Ausſicht iſt von Auf-

Platten aus aufgenommen, an einer Stelle, wo der Gletſcher ſehr geneigt und folglich auch ſehr geſchrundet iſt.

Tafel 9. Vieſchergletſcher. Endmoräne (Sandecke).

Dieſe Tafel ſoll einen Begriff von einer Endmoräne und der Art wie ſie den Ausgang des Gletſchers umgränzt, geben. Der Bach hat ſich einen Ausweg durch dieſen Wall, welcher troz ſeiner Höhe dennoch den Abfluß des Waſſers nicht zu verhindern vermag, gegraben. Seitlich iſt die Endmoräne mit der Sandecke verbunden, welche, ſo lange der Gletſcher ſtill ſteht oder im Vorrücken begriffen iſt, eine direkte Fortſetzung derſelben bildet. Unterhalb der Endmoräne iſt der Felſen geſchliffen und geſtreift, woraus man ſchließen muß, daß ſich einſtens der Gletſcher bis dahin erſtreckt hat. Neben den Rundhöckern, deren Politur von der Einwirkung des Eiſes herrührt, ſieht man auch am Rande des Baches, deutliche Spuren von Auswaſchungen durch das Waſſer bewirkt, welche ſich leicht an ihrer unregelmäßigen Form erkennen laſſen. Der Felſen iſt hie und da wie ausgehobelt. Dieſe Lokalität iſt um ſo merkwürdiger, als man hier die Einwirkung des Waſſers und des Eiſes an der nämlichen Stelle vergleichen kann.

Tafel 10. Vieſchergletſcher.

Dieſer Gletſcher iſt in ſeiner ganzen Länge zwiſchen ſteilen Wänden eingeſchloſſen. Sein Lauf iſt ſehr geſchlängelt, und da ſeine Moränen mächtig ſind, ſo erblickt man ſie von Weitem wie eine Schlangenlinie auf der Ober-

fläche des Gletſchers. Durch dieſen gekrümmten Gang werden die Moränen und beſonders die Mittelmoränen leicht auseinander geſchoben und man ſieht wie ſich beinahe an jeder Umbiegung mehr oder minder breite Fetzen davon lostrennen. Die Länge dieſes Gletſchers iſt ſehr beträchtlich; er erſtreckt ſich bis an den Fuß der höchſten Kuppen der Berner-Alpen. Dieſe Ausſicht iſt in einiger Entfernung vom Gletſcher, am Rande des Baches welcher aus dem Aletſchgletſcher in den Wieſchergletſcher fließt, aufgenommen.

Tafel 11. Finnelen-Gletſcher.

Dieſer Gletſcher iſt oberhalb Zermatt im St. Nikolasthale gelegen, und hängt, wie der Zermattgletſcher, mit dem großen Eisplateau des Monte-Roſa zuſammen; ſtatt aber wie letzterer weſtlich vom Riffel herabzuſteigen, bildet er deſſen öſtliche Umgränzung, ſo daß das Riffelplateau wie eine Inſel zwiſchen beiden Gletſchern eingeſchloſſen iſt. Der Finnelen-Gletſcher iſt ein einfacher Gletſcher, d. h. ein ſolcher, der nicht wie der Zermattgletſcher aus der Vereinigung mehrerer Zuflüſſe zuſammengeſetzt iſt. Rechts erblickt man in der Ferne das Weißthor, welches von Zermatt nach Macugnaga führt.

Tafel 12 Aletſchgletſcher und See.

Dieſe Tafel ſtellt eins der merkwürdigſten Phänomene der Gletſcher dar. Der Aletſchgletſcher, einer der größten der Schweiz, ſteigt von den Kuppen der Berner-Alpen in das Wallis herab, wo er oberhalb dem Dorfe Möril mündet. Sein Lauf iſt von Nord nach Süd gerichtet;

gegen ſein Ende jedoch ſtößt er auf das Bedmerhorn, wodurch er weſtlich abgelenkt wird. Gerade in der Umbiegung befindet ſich ein Einſchnitt, in welchem der Aletſch- oder Mörilerſee gelegen iſt. Dieſer See war früher weit größer als gegenwärtig, und es geſchah oft, wenn Schnee und Eis plötzlich wegſchmolzen, daß die ganze Waſſermaſſe ſich mit Ungeſtüm unter dem Gletſcher ſelbſt entleerte und große Ueberſchwemmungen unten im Thale verurſachte. Dieſem Uebelſtande abzuhelfen, hat man dem See einen künſtlichen Abfluß gegen den Vieſchergletſcher gegraben, ſo daß das Waſſer nun nicht mehr über ein beſtimmtes Niveau ſich erheben kann. Die Eismaſſen ruhen nicht unmittelbar auf dem Waſſer, ſondern man bemerkt zwiſchen beiden einen Zwiſchenraum von mehreren Zollen, welcher der abſchmelzenden Kraft des Waſſers, deſſen Temperatur im Sommer ſtets über 0 ſteht, zugeſchrieben werden muß. Oefters löſen ſich große Eisblöcke von der Gletſchermaſſe ab, welche dann wie die Eisinſeln des Nordens auf dem See herumſchwimmen und deren Wände im ſchönſten Meergrün ſtrahlen.

Tafel 13. Fig. 1. Schichtung des St. Theodul-Gletſchers.

Dieſe Tafel ſoll einen Begriff von der Schichtung des Gletſchereiſes geben. Dieſe Schichtung zeigt ſich beſonders deutlich auf den ſteilen Wänden, von denen ſich Eismaſſen friſch abgelöſt haben. Die Felſen unten am Fuße ſind geſchliffen und geſtreift.

Fig. 2. Verhärteter, zerklüfteter Schnee, mit Flecken friſchen Schnees.

Dieſes Ausſehen haben die Gletſcher ziemlich häufig im Sommer, wenn der friſch gefallene Schnee noch nicht gänzlich weggeſchmolzen iſt; er bildet alsdann lange, blendend weiße Streifen auf der dunkeln mehr oder weniger ſchmutzigen Oberfläche des Gletſchers.

Tafel 14. Unter-Aargletſcher. Oberer Theil mit der Hütte des Herrn Hugi.

Man ſieht hier den Zuſammenfluß zweier großer Gletſcher, des Lauteraar- und Finſteraargletſchers, welche durch ihre Vereinigung den Unteraargletſcher bilden. Die abgebildete Hütte wurde urſprünglich von Hrn. Hugi am Fuße des Abſchwungs erbaut; gegenwärtig iſt ſie 4600 Fuß davon entfernt. Durch das beſtändige Vorrücken des Gletſchers in der Richtung ſeiner Abdachung, wurde ſie bis in dieſe Entfernung gebracht. Den großen Granitblock welcher daneben ſteht, erkennt man von weitem an ſeiner grauweißen Farbe, während die übrige Guſſer, aus Glimmer- und Chloritſchiefer zuſammengeſetzt, ein ſchwarzbraunes Ausſehen hat. Neben der großen Guſſer ſind noch einige kleinere und einige Gletſchertiſche ſichtbar. Der der großen Guſſer zunächſt liegende Tiſch, ruht auf einer 4 bis 5 F. hohen Säule. Der Abſchwung welcher damals mit Schnee bedeckt war, iſt nicht gewöhnlich im Sommer beſchneit; auch iſt er an ſeinem vorderen Ende kaum mehr als 8000 F. hoch. Rechts vom Abſchwung erheben ſich die zahlreichen Spitzen der Schreckhörner oder Lauteraar-

hörner, von denen der Lauteraargletſcher herab kommt, und links das rieſige Finſteraarhorn.

Tafel 15. Abgerundete, polirte und geſtreifte Kuppen oberhalb der Handeck.

Dieſe kuppenförmigen Felſen ſind gerade ſo zugerundet und abgeſchliffen, wie die am Rande des Zermattgletſchers (ſiehe Tafel 8); und doch findet ſich gegenwärtig kein Gletſcher weder an dieſem Orte, noch in deſſen Nähe, woraus man ſchließen muß, daß die Gletſcher früher eine weit größere Ausdehnung gehabt haben.

Tafel 16. Helle Platte bei der Handeck.

Dieſe, eine kleine halbe Stunde oberhalb der Handeck gelegene Lokalität, iſt durch die auffallende Politur der Felſen auf einer weiten Strecke ausgezeichnet; das Geſtein iſt ſehr harter Gneiß.

Tafel 17. Polirte Felſen bei Landeron.

Der Ort wo dieſe Schliffe vorkommen, iſt auf dem ſüdlichen Abhange des Jura, 3 Stunden von Neuchatel und mehr als 20 Stunden von den nächſten Gletſchern entfernt. Die ganze Oberfläche des Jura auf der Alpenſeite iſt mehr oder weniger auf dieſelbe Weiſe abgeſchliffen, und auf dieſen Schliffen bemerkt man ſehr deutliche Streifen, welche in ſenkrechter Richtung mit der Abdachung des Berges laufen, und daher unmöglich anders als durch eine langſame Bewegung großer Eismaſſen in der Richtung des Juras hervorgebracht ſein können.

Tafel 18. Fragmente polirter Felſen.

Die hier abgebildeten Bruchſtücke ſtammen von ganz verſchiedenen, von einander ſehr entfernten Lokalitäten, und dennoch zeigen ſie dieſelbe Politur mit denſelben Streifen, welche niemals auf den durch das Waſſer polirten Flächen vorkommen. Fig. 1 iſt grobkörniger ſchiefriger Serpentin; ich habe mit vieler Mühe das Bruchſtück unter dem Zermattgletſcher, an der auf Taf. 7 abgebildeten Stelle abgehauen. Fig. 2 iſt ebenfalls ſchiefriger Serpentin, aber ſehr feinkörniger, weßhalb auch die Streifen ſo deutlich ſind. Zugleich aber iſt ihre Richtung bei weitem ungleichförmiger; ſie durchkreuzen ſich ſogar auf ſehr mannigfaltige Weiſe, und laſſen mithin auf bedeutende Veränderung in dem Zuſtande der früheren Gletſcher, welche ſie erzeugt haben, ſchließen. Ich habe dieſes Bruchſtück auf der Höhe des Riffelplateau, 600 F. über dem jetzigen Niveau des Zermattgletſchers, von der Oberfläche abgelöst. Fig. 3 u. 4 ſind Liasfragmente, unter dem Roſenlauigletſcher abgelöst; man bemerkt darauf außer den Streifen Spuren von jenen Kratzen (S. 181), welche von der Quetſchung des Geſteins durch die kleineren im Eiſe eingebacknen Kieſel herrühren. Fig. 5 iſt oberer Jurakalk (Portlandſtein) von Landeron bei Neuchatel. Die Politur dieſes Bruchſtücks iſt ſo vollkommen, daß man genau die Durchſchnitte der im Geſtein eingebacknen Foſſile darauf erkennt, unter andern einen ſehr deutlichen Durchſchnitt von einer Nerinea (Nerinea suprajurensis). Die Streifen ſind ebenfalls ſehr deutlich.

Inhaltsverzeichniß.

Vorrede.

Erſtes Kapitel. Hiſtoriſcher Ueberblick. — Litteratur der Gletſcher im Allgemeinen 1. — Scheuchzer 3. — Gruner 6. — Sauſſure 7. — Hugi 9. — Venetz 12. — J. v. Charpentier 14. — Meine eigene Unterſuchungen 15.

Zweites Kapitel. Die Gletſcher im Allgemeinen. Schwierigkeit des Studiums der Gletſcher 19. — Nothwendige Bedingungen zur Bildung von Gletſchern 21. — Eismeere 22. — Höhe der Gletſcher 23. — Der Monte-Roſa und ſeine verſchiedenen Gletſcher 25.

Drittes Kapitel. Struktur der Gletſcher. Das Gletſchereis beſteht aus unregelmäßigen kantigen Stücken, uneigentlich Gletſcherkryſtalle genannt 31. — Der Firn 32. — Durchſichtigkeit des Gletſchereiſes 34. — Entſtehung der Haarſpalten 35. — Verwandlung des Firns in Eis 36. — Schichtung des Gletſchereiſes 40. — Schneeſtreifen im Gletſchereis 41. — Sèracs oder Gletſcherkäſe 42. — Grenze zwiſchen Firn und Eis 43.

Viertes Kapitel. Ausſehen der Gletſcher. Veränderlichkeit der Oberfläche der Gletſcher 45. — Ihre Abſchüſſigkeit gegen die ſie einſchließenden Thalwände 47. —

Digitized by Google

Verſchiedenheit der Gletſcher je nach der Richtung des Thals 47. — Die Gletſcher des Monte-Roſa mit einander verglichen 50.

Fünftes Kapitel. Farbe der Gletſcher. Verſchiedenheit in der Farbe des Gletſchereiſes 55. — Sie iſt von äuſſeren Verhältniſſen unabhängig 58. — Der rothe Schnee 59. — Urſprung und Beſchaffenheit des rothen Schnees nach Shuttleworth 60.

Sechstes Kapitel. Die Gletſcherſchründe. Mannigfaltigkeit in der Form und Größe der Schründe 72. — Sie ſind nur dann gefährlich, wenn friſcher Schnee ſie zudeckt 74. — Entſtehen der Schründe 77. — Hugis Anſicht 79. — Einfluß des Bodens auf die Schründe 80. — Einfluß der Thalwände 81. — Die Waſſerbecken 83.

Siebentes Kapitel. Die Gletſchernadeln. Urſache ihrer Entſtehung 85. — Ihre Wände ſind ſtets glatt 86. — Je höher der Gletſcher, deſto ſeltener die Nadeln 87.

Achtes Kapitel. Die Moränen. Es gibt dreierlei Arten Moränen 90. — Urſprung derſelben 91. — Ihr Vorwärtsſchreiten 94. — Sie ſind gewöhnlich gegen das Thalende am mächtigſten 94. — Der Gletſcher ſtößt alle fremde Körper auf der Oberfläche aus 95. — Erklärung dieſer Erſcheinung 97. — Sauſſures Anſicht von den Mittelmoränen 99. — Entſtehung und Geſtaltung derſelben 102. — Verhältniß derſelben zum Gletſchereis 105. — Einfluß der Schründe auf die Moränen 108. — Schiefe Moränen 109. — Parallele Sandſtreifen 111. — Die Blockdecken 111. — Die Endmoränen 113.

Neuntes Kapitel. Die Gletſchertiſche. Geſtalt und Bildung der Gletſchertiſche 116. — Sie finden ſich gewöhnlich in der Nähe der Mittelmoränen 119.

Zehntes Kapitel. Die Schuttkegel. Entſtehung derſelben 121. — Ihr Einfluß auf den Gletſcher 122.

Digitized by Google

Eilftes Kapitel. Die Gletſcherbildung. Beſchaffenheit des Schnees in den Hochregionen 125. — Umwandlung des Schnees in Gletſchereis 127. — Der Schnee welcher auf das Thalende der Gletſcher fällt, trägt wenig zu ihrer Vermehrung bei 128. — Entſtehen neuer Gletſcher 130. — Sekundäre Gletſcher 132. — Gruner u. Godeffroy's Anſichten über Gletſcherbildung 133. — Aehnliches Verhalten der Gletſcher im Norden 134.

Zwölftes Kapitel. Die Bewegung der Gletſcher. Beweiſe für das Vorrücken der Gletſcher 136. — Hugis Hütte 138. — Sauſſures Anſicht 141. — Gruners Anſicht 142. — Ueberſchwemmung im Bagne-Thal durch den Getroz-Gletſcher veranlaßt 144. — Der Sturz des Randa-Gletſchers nach Venetz 146. — Wahre Urſache des Vorrückens 151. — Ungleiches Vorrücken der verſchiedenen Eisſchichten 154. — Die Ränder rücken ſchneller vor als die Mitte 155. — Eſcher von der Linth, Scheuchzers, Touſſaint von Charpentiers und Biſelx's Anſichten 156. — Mittel um die Geſchwindigkeit des Vorrückens zu beſtimmen 159. — Beſonderes Verhalten der Gletſcher in Bezug auf Vorrücken, je nach ihrer Höhe 160. — Einfluß der Gletſcherbächlein auf das Vorrücken 162. — Das Vorrücken findet nur im Sommer ſtatt 163.

Dreizehntes Kapitel. Die Unterfläche der Gletſcher und ihre Eisgewölbe. Geſtalt und Größe der Gletſcherthore 165. — Die Gletſchergewölbe ſetzen ſich bis in die oberen Regionen fort 166. — Einſtürzen der Gewölbe 167. — Geſchichte des Grindelwalder Führers 168. — Entſtehen der Gewölbe 169. — Das Gletſchergebläſe 170. — Verhalten der Gewölbe in den verſchiedenen Gletſchern 171. — Sand und Schlammlage zwiſchen dem Eis und dem Felsgrund 173.

Vierzehntes Kapitel. Die Einwirkung der Gletſcher auf ihren Boden. Das Schleifen, Abrunden

Digitized by Google

und Poliren der Felſen durch den Gletſcher 175. — Unterſchied zwiſchen den Eisſchliffen und der durch das Waſſer bedingten Politur 177. — Streifen auf den Eisſchliffen 180. — Ihre Richtung 182. — Furchen auf den Eisſchliffen 183. — Einfluß der Waſſerfälle und Bäche auf den Gletſchergrund 185.

Fünfzehntes Kapitel. Die Temperatur der Gletſcher, ſo wie der Gewäſſer und der Atmosphäre in ihrer Umgebung. Meine Beobachtungen über die Temperatur des Eiſes in verſchiedenen Tiefen, auf dem Unter-Aargletſcher 188. — Die Oscillationen der äußeren Luftwärme ſind nur bis zu einer gewiſſen Tiefe bemerkbar 190. — Das Schmelzen des Gletſchers 191. — Temperatur der kleinen Kieſel auf der Oberfläche der Gletſcher 191. — Einfluß des hygrometriſchen Luftzuſtandes auf das Schmelzen des Gletſchers 193. — Gletſcherblumen 194. — Unveränderlichkeit der Gletſcher im Winter 197. — Sauſſure's Anſicht vom Schmelzen der Gletſcher 197. — Zunehmende Wärme der Gletſcherbäche, Temperatur der Viſp 199. — Temperatur mehrerer Hochſeen 200. — Geſchichtete Ablagerungen am Rande der Gletſcher, durch kleine Randſeen verurſacht 201. — Aletſch-See 202. — Vorkommen von Seen an der Vereinigung zweier Mittelmoränen 204. — Einfluß der Verdunſtung 205.

Sechzehntes Kapitel. Die Oscillationen der Gletſcher in den geſchichtlichen Zeiten. Verſchiedene Anſichten darüber 207. — Venetz's Unterſuchungen 208. — Thatſachen, welche auf eine geringere Ausdehnung der Gletſcher ſchließen laſſen 210. — Thatſachen, welche für eine größere Ausdehnung derſelben ſprechen 213. — Schwankungen der Gletſcher in der neueſten Zeit 216. — Manche Gletſcher nehmen zu, während andere abnehmen 217. — Die Schwankungen der Gletſcher ſind lokale Phänomene 219.

Digitized by Google

Siebzehntes Kapitel. Die frühere Ausdehnung der Gletſcher in den Alpen. Beweiſe für dieſe frühere Ausdehnung 222. — Die allen Moräuen 223. — Beiſpiele von ſolchen allen Moränen 226. — Die aufgepflanzlen Blöcke 229. — Die Felſenſchliffe 231. — Die Karrenfelder 235. — Die Löcher von alten Waſſerfällen herrührend 237. — Die Fündlingsblöcke in den Alpen 238. — Frühere Ausdehnung der Glelſcher in den Alpen 240. — Ihre Richlung war nicht immer dieſelbe 245.

Achtzehntes Kapitel. Beweiſe für das frühere Vorhandenſein großer Eisfelder außer dem Gebiete der Alpeu. Unterſchied zwiſchen den Fündlingsblöcken des Jura und denen der Alpenthäler 219. — Lagerung der Fündlingsblöcke in der Schweizerebene nnd auf den Abhängen des Jura 251. — Höhenlinie derſelben 252. — Urſprung derſelben 254. — L. v. Buch's Erklärung des Transports der erraliſchen Blöcke durch Waſſerſtröme nnd Widerlegung dieſer Theorie 257. — Vorkommen von Fündlingsblöcken in deu inneren Thälern der Jurakelte 258. — Form der Blöcke 261. — Slellung derſelben 262. — Lyell's Anſicht 265. — Deluc's Anſicht 265. — Dolomieu und Ebels Anſicht 266. — Die Sandſchichl unter den Blöcken, als Beweis daß ſie nur auf langſame Weiſe können fortgeſchaffl worden ſein 267. Felsſchliffe im Jura 269. — Streifen und Furcheu auf dieſen Felsſchliffen 274. — Felsſchliffe außerhalb der Schweiz 275. — Die Karrenfelder im Jura 278. — Venetz und Charpeulier's Anſicht über den Transport der erraliſchen Blöcke 280. — Annahme einer großen, über ganz Europa und das nördliche Aſien und Amerika verbreileten Eisdecke 284. — Erhebung der Alpen aus dieſem Eismeer 285. — Ju dieſer Eisdecke wurden die ſibiriſchen Mammulhe eingehüllt 286. — Cuvier's Folgerungen 289. — Capt. Kotzebue's Beſchreibung von dem nordiſchen Ureis 290. — Das Diluvialgeröll in Verbindung

gebracht mit jener Eisdecke 291. — Fortſchaffungsweiſe der Fündlingsblöcke auf der Eisdecke 295. — Einwendungen welche man dagegen gemacht 296. — Die Alpen als Mittelpunkt der Rückzugsbewegung 299. — Strömungen, welche durch die Schmelzung der großen Eismaſſen entſtanden 300. — Mouſſon's Anſicht 301. — Verhältniß der Eisdecke zu den geologiſchen Phänomenen 303. — Die Temperaturabnahme keine fortwährend allmählige 306. — Bildung der großen Eisdecken 307. —

Erklärung der Tafeln 309.

Digitized by Google

Verbeſſerungen.

Seite 31 Zeile 3 von unten lies keiner ſtatt keine.
„ 35 „ 13 „ oben „ der in Eis ſich umwandelnden Schneemaſſen ſtatt der in Schnee ſich wandelnden Eismaſſen.
Seite 36 „ 9 von oben lies vorhänden ſtatt vorhangen.
„ 38 „ 14 „ „ „ ſei ſtatt ſeien.
„ 81 „ 2 „ oben iſt und wegzulaſſen.
„ 86 „ 1 „ unten lies erſcheinen ſtatt erſcheint.
„ 87 „ 1 „ oben „ ſtrahlen ſtatt ſtrahlt.
„ 99 „ 15 „ „ „ anſchließen ſtatt einſchließen.
„ 129 „ 5 „ unten „ auf dieſen ſtatt auf dieſer.
„ 145 „ 2 „ „ „ Nr. 12 ſtatt Nr. 11.
„ 172 „ 2 „ „ „ unmittelbar ſtatt mittelbar.
„ 210 „ 8 „ oben „ Chermontanaz ſtatt Chernontanaz.
„ 258 „ 14 von oben l. Molaſſehügeln ſt. Malaſſahügeln.
„ 258 „ 15 „ „ „ Medium ſtatt Meadium.
„ 269 „ 8 „ unten „ wie über die übrigen ſtatt wie die übrigen.
„ 296 „ 10 von unten ſind die Worte welche jetzt beſtehen wegzulaſſen.
„ 297 „ 8 von unten lies eine geringere ſtatt weniger.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Google

Digitized by Google